

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV MIKROELEKTRONIKY

DEPARTMENT OF MICROELECTRONICS

AUTOMATIZOVANÝ SKLENÍK PRO MLADÉ ROSTLINY ORCHIDEJÍ

AN AUTOMATED HOTHOUSE FOR YOUNG ORCHID PLANTS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Lucie Chovančíková

VEDOUcí PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Martin Štáva, Ph.D.

BRNO 2017

ABSTRAKT

Cílem této práce je sestavení automatizovaného skleníku, který bude zajišťovat ideální podmínky pro orchideje ve skleníku – tj. vlhkost, teplotu, zalévání, cirkulaci vzduchu apod.

První část práce se zabývá rozбором dosavadních řešení ať už komerčních či odborných. Druhá část práce se zabývá obecným popisem skleníku. Najdeme zde technické parametry, účel a funkci jednotlivých komponent. Třetí část se zabývá návrhem a konstrukcí hardwaru. Ve čtvrté části nalezneme popis VHDL popisu. V posledních dvou částech se dočteme, jak byl celý skleník zkonstruován a jak ho lze ovládat.

KLÍČOVÁ SLOVA

Skleník, orchideje, VHDL, grafický display, senzor, I2C

ABSTRACT

Constriction of automated greenhouse that shall secure ideal conditions for orchids in greenhouse (e.g. humidity, temperature, watering, air circulation etc.) is objective of this work.

The first part deals with the analysis of current solutions whether commercial or professional. The second part of work describes greenhouse generally, there are technical parameters, purpose and function of single components. The third part of work occupies with proposal and construction of hardware, the fourth part occupies with description of VHDL specification. We can find out in two final part how greenhouse was construct and how it is possible to have control over greenhouse.

EYWORDS

Greenhouse, orchids, VHDL, graphic display, sensor, I2C

CHOVANČÍKOVÁ, LUCIE. Automatizovaný skleník pro mladé rostliny orchidejí. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav mikroelektroniky, 2016. 26 s., 3 s. příloh. Bakalářská práce. Vedoucí práce: Ing. Martin Šťáva, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Automatizovaný skleník pro mladé rostliny orchidejí jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne

.....

(podpis autora)

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Martinu Šťávovi, Ph.D., za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne

.....

(podpis autora)

Obsah

Úvod.....	6
1 Rešerše existujících řešení	8
1.1 Komerční řešení skleníku	8
1.2 Odborné práce a domácí projekty	8
2 Obecné funkce skleníku	10
2.1 Vodní okruh.....	10
2.1.1 Periferie vodního okruhu	11
2.2 Klimatický okruh	12
2.2.1 Periferie klimatického okruhu.....	12
2.3 Světelný okruh	13
2.3.1 Periferie světelného okruhu	13
3 Zapojení a návrh desek.....	14
3.1 deska se zdrojem a spínacími prvky	14
3.1.1 Návrh desky	15
3.1.2 Zjednodušený výpočet rozměrů chladiče pro stabilizátory.....	16
3.2 Spojovací deska	18
3.2.1 Návrh desky	18
3.3 Deska se spínači.....	19
3.3.1 Návrh desky	19
3.4 LED panely.....	20
3.5 Deska pro senzor světla	21
4 VHDL popis	22
4.1 Grafický displej	23
4.2 I2C komponenta	26
4.3 Komponenty pro senzor teploty a vlhkosti	27
4.4 Tlačítka	28
4.5 Stavový automat pro vodní okruh	29
4.6 Stavový automat pro klimatický okruh	30
4.7 Komunikace se senzorem světla	30
5 Konstrukce skleníku	31
6 Uživatelské rozhraní.....	32
Závěr.....	34
Seznam obrázků	1

Seznam použitých zdrojů	2
Příloha I	5
Příloha II	7
Příloha III	6
Obvodové zapojení	7
Deska plošného spoje – osazovací plán	8
Deska plošného spoje – top (strana součástek)	9
Deska plošného spoje – bottom (strana spojů)	10
Příloha IV	11
Obvodové zapojení	12
Deska plošného spoje – osazovací plán	13
Deska plošného spoje – bottom (strana spojů)	13
Příloha V	14
Obvodové zapojení	15
Deska plošného spoje – osazovací plán a bottom (strana spojů)	16
Příloha VI	17
Obvodové zapojení	18
Deska plošného spoje – osazovací plán	18
Deska plošného spoje – bottom (strana spojů)	18
Příloha VII	19
Obvodové zapojení	20
Deska plošného spoje – osazovací plán	21
Deska plošného spoje – bottom (strana spojů)	21
Příloha VIII	22

Úvod

Člověk je odjakživa tvor vynalézavý a snaží si svou práci ulehčit, co nejvíce to jde. Proto velkým trendem posledních let je automatizace. Ať už v průmyslu v podobě automatizovaných výrobních linek, anebo u nás doma v podobě chytrých aplikací pro vytápění, zavlažování, osvětlení, větrání atd. Bohužel v dnešní uspěchané době není čas se pořádně věnovat ani svým vlastním koníčkům.

Mou velkou zálibou je pěstování rostlin, z nichž nejvíce jsem si zamilovala orchideje. S postupem času se moje sbírka rostlin výrazně rozšiřuje. Rostliny stárnou a začínají produkovat mladé rostlinky. Mladé rostliny však vyžadují větší péči a každodenní kontrolu. Což nebyl problém až do doby, kdy jsem začala studovat v jiném městě, a starost o mé rostlinky tak přešla na maminku. Proto jsem začala uvažovat, jak jí práci ulehčit, a rozhodla jsem se sestrojit automatizovaný skleník, který by vyhovoval potřebám mladých orchidejí.

Technologie pěstování orchidejí se vyznačuje především náročnými klimatickými podmínkami, jako např. teplota a vlhkost, a specifickým způsobem zalévání [6] – viz příloha I. Z dané technologie pěstování plynou požadované činnosti, které musí splňovat každý automatizovaný skleník, a to zalévání, zajištění vhodných klimatických podmínek, dobrou cirkulaci vzduchu a případné dosvěcování za nepříznivých světelných podmínek. Uživatel má možnost tyto činnosti ovlivnit pomocí nastavení parametrů skleníku. Nastavitelné parametry skleníku jsou: horní a dolní mez teploty a vlhkosti, okamžité spuštění ventilátoru, čerpadla.

Výše uvedená technologie pěstování a požadavky na činnost skleníku určují požadované funkce automatizovaného skleníku:

1. Zalévání: Skleník musí být schopen napustit vodu v požadovaném množství a zase ji po určité době odčerpat zpět do nádrže. Také by měl kontrolovat, kolik vody v nádrži ještě zbývá a na kolik cyklů zalévání byla použita, aby bylo možno vodu včas dopustit či zcela vyměnit.
2. Osvětlení: Skleník zajistí dostatečný přísun světla orchidejím, jak už svou schopností propouštět světlo z okolí, tak případným dosvěcováním (např. v zimních měsících).
3. Teplota: Skleník zajišťuje optimální teplotu pro rostliny je ji schopen regulovat pomocí topení a ventilátorů.
4. Vzdušná vlhkost: Skleník zajišťuje potřebnou vzdušnou vlhkost pomocí studené páry generované z ultrazvukového generátoru.
5. Ovládání a obsluha: Informace se zobrazují na grafickém displeji. Ovládání je sestaveno z několika mikro spínačů.

Cíl práce

Cílem práce je sestavit funkční skleník podle návrhu ze semestrální práce.

Dílčí úkoly, které je nutné vyřešit ke splnění vytyčeného cíle, jsou:

- Realizovat, osadit a oživit desky plošných spojů
- Vytvořit VHDL popis pro řízení celého skleníku.
- Navrhnout a realizovat konstrukci skleníku

Splnění dílčích úkolů a dosažení cíle práce je postaveno na prostudování technické dokumentace, využití návrhu řídicí jednotky ze semestrální práce a správném začlenění jednotlivých komponent, tak, aby tvořily jeden celek

1 Rešerše existujících řešení

1.1 Komerční řešení skleníku

Na našem či zahraničním trhu existuje velká většina komerčních řešení v oblasti skleníků určených pro orchideje. Spočívá v jednoduché konstrukci uzavřeného proskleného boxu [7]. Uvnitř těchto boxů se obvykle nachází umělé osvětlení a několik zabudovaných misek, které mohou sloužit jako výparník na vodu nebo miska na zalévání. Tento koncept je především určen k udržení vyšší vzdušné vlhkosti uvnitř boxu, což rostliny vyžadují. Na druhou stranu je ale potřeba dobrá cirkulace vzduchu, aby se nevytvořily plísňe, což tento koncept vůbec nesplňuje.

Za další komerční řešení můžeme považovat obrovské průmyslové skleníky, které jsou plně automatizované a zajišťují dokonalé podmínky pro orchideje. Tento koncept je především určen pro velkoprodukcí za účelem prodeje vypěstovaných rostlin.

V domácích podmínkách se můžeme setkat z realizací zimních zahrad či zahradních skleníků, které mohou a nemusí být automatizované. Automatizace je většinou provedena za pomoci běžně dostupných systému, které jsou obvykle instalovány odbornou firmou. Tento koncept je však vysoce nákladný.

1.2 Odborné práce a domácí projekty

Na poli odborných prací se vyskytuje spousta řešení pro automatizaci velkých zahradních či průmyslových skleníků. Řešení podobné mému návrhu již taky existují, ale není jich mnoho. Tyto automatizované skleníčky jsou především učené pro pěstování bylinek, čili papriček a jiných rostlin, které rostou v podobném substrátu.

S tímto je spojen i způsob zalévání rostlin, který je realizován jen pomocí nádoby umístěné vedle samotného skleníku a čerpadla, které přivádí vodu k rostlinám [2]. Toto řešení nevyhovuje potřebám orchidejí, protože se při zalévání namáčejí jen určitou dobu, tudíž je nutné zajistit i odtok vody od rostlin.

V této aplikaci bývají nejčastěji využívány senzory pro měření vlhkosti, teploty, půdní vlhkosti, intenzity světla a hladiny vody. V aplikacích bývá použit jak vlastní návrh senzorů, tak i senzory komerčně dostupné [2][8].

Klimatické podmínky zajišťuje obvykle jeden ventilátor, který slouží především k chlazení příliš vysoké teploty uvnitř skleníku [2]. Vytápění je realizováno pomocí několika odporů [2] nebo Peltierova článku [8]. Také je zapotřebí vlhkost nějakým způsobem generovat. V již realizovaných provedeních jsem našla použití ultrazvukového mlhového generátoru [8].

Největší problém bývá s výběrem světla, protože rostliny jako takové ke svému růstu potřebují určité vlnové délky. Ve velké většině aplikací se spoléhají na přirozené světlo nebo na sodíkové výbojky, které mají poměrně vysokou spotřebu. Proto jedna z aplikací využívá

LED diod, které vyzařují světlo v červeném a modrém spektru viditelného světla [2]. Na komerčním poli existuje firma Growled, která se zabývá výrobou led čipů pro rostliny v různých fázích života [9].

Velká většina aplikací byla řízena pomocí vývojového modulu arduino z důvodu snadné implementace a velkého množství příslušenství [2]. Další možnost bylo řízení pomocí malého počítače RaspberryPI.

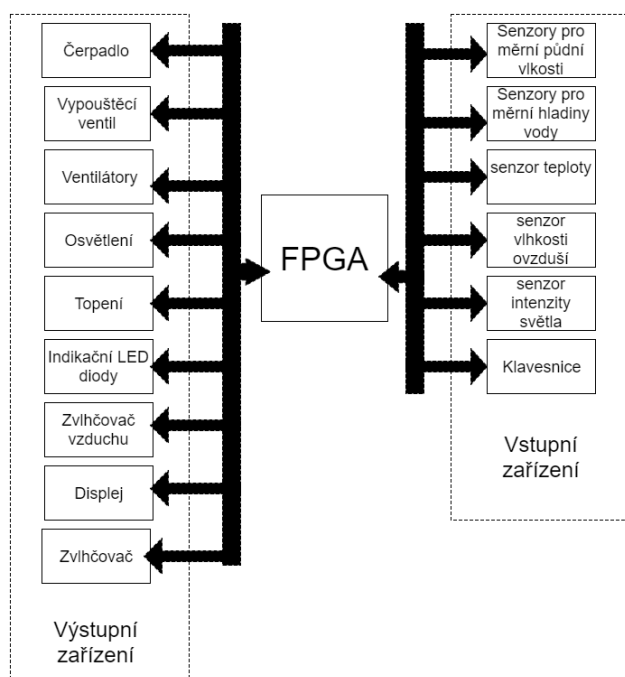
Co by to bylo za automatizovaný přípravek bez řádného ovládání. Po prozkoumání již hotových aplikací se ovládání vcelku skládalo ze tří možností: ovládání přes dotykový displej, což je poměrně moderní způsob[2]. Jako úplně nejjednodušší řešení bylo použití LCD displeje s ovládacím panelem[9].

Další důležitou součástí je napájení celého systému. U aplikací, které používaly nějaký vývojový kit, bylo napájení uskutečněno ze dvou samostatných částí a to zdroj pro napájení vývojového kitu a zdroj pro napájení zbylých komponent skleníku [2].

Na výrobu samotného skleníku bylo použito plexisklo, jelikož je lehké, nerozbitné a průhledné. Ostatní části jako je nádržka na vodu a elektronika jsou uloženy ve dřevěných krabicích [2].

2 Obecné funkce skleníku

Celý skleník je sestaven ze tří nezávisle na sobě fungujících okruhů. Vodní okruh, který se bude starat o cirkulaci vody ve skleníku. Klimatický okruh, který bude regulovat a zajišťovat optimální klimatické podmínky a větrání. Světelný okruh, který bude kontrolovat, zda je dostatek světla a v případě potřeby dosvěcovat. Jako uživatelský vstup slouží ovládání, které se skládá z tlačítkového panelu a grafického displeje. Všechny tyto části jsou pak řízeny za pomoci vývojové desky Starter Kit Board s FPGA Spartan-3.



Obrázek 1 Blokové schéma vstupních a výstupních periférií (zdroj vlastní).

2.1 Vodní okruh

Tento okruh zajišťuje cirkulaci vody v celém skleníku. Využívá 3 druhy výstupních periférií (čerpadlo, magento elektrický ventil a dvě indikační LED diody) a 2 druhy vstupních periférií (pět senzorů půdní vlhkosti a 2 senzory hladiny vody).

Vodní okruh se může spustit jen tehdy, je-li v nádrži dostatečné množství vody, které je kontrolováno senzorem hladiny umístěným v nádrži. Toto opatření zabraňuje zničení čerpadla. Pro snadnou kontrolu množství vody slouží dvě indikační LED diody. Červená LED dioda značí, že je málo vody v nádrži a je potřeba vodu doplnit, zelená LED dioda označuje, že je vše v pořádku. Jestliže všechny ze zapojených snímačů vlhkosti půdy zahlásí, že je substrát suchý, sepne se čerpadlo. Čerpadlo čerpá vodu přes hadičky, tak dlouho než senzor hladiny vody umístěný v nádobce pro zalévání nezahlásí, že je plná. Voda zůstane v zalévací nádobce

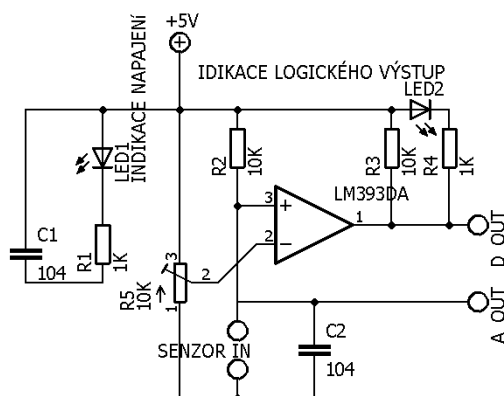
po dobu 30 minut. Po uplynutí stanovené doby sepne vypouštěcí elektromagnetický ventil a voda přes něj samospádem odeče zpátky do nádržky.

2.1.1 Periferie vodního okruhu

Jako nejdůležitější periferií vodního okruhu je čerpalo. V této aplikaci je použito akvaristické výtlačné čerpadlo Jecod FA-1000 o výkonu 1000 l/h s výtlačkem do výšky 1,8 m a příkonem 14 W [11]. Čerpadlo musí být napájeno ze sítě 230 V/50 Hz, je umístěno na dně nádrže s vodou a zajišťuje potřebnou dodávku vody k rostlinám.

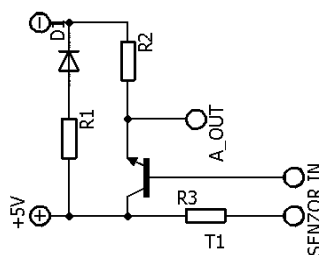
Druhou výstupní periferií je elektromagnetický ventil, který pracuje při minimálním tlaku 0 MPA, tudíž je vhodný pro vypouštění vody samospádem [1]. Ventil je napájen ze zdroje skleníku a je připojen na 12 V větev. Jeho příkon činí 12 W. Ventil je umístěn mezi nádrží s vodou a zalévací miskou. Použitá voda po zalití odeče zpět do nádrže.

Jako vstupní periferie jsou v tomto okruhu dva senzory. Prvním z nich je senzor pro měření půdní vlhkosti, umístěný přímo v květináči rostliny. Tento senzor měří vlhkost za pomoci změny rezistivity [4]. Senzor se prodává i s modulem, který má digitální výstup. Jeho citlivost se dá nastavit pomocí potenciometru. Modul má dvě kontrolní ledky. Jedna pro indikaci napájení a druhá pro indikaci digitálního výstupu, který je realizován pomocí komparátoru (obrázek 2). Jestliže je půda mokrá, na digitálním výstupu se objeví 5 V (logická 1).



Obrázek 2 Zapojení senzoru pro měření půdní vlhkosti [3].

Druhým senzorem je senzor pro měření hladiny vody. Tyto senzory jsou použity dva. Jeden je umístěn v nádrží s vodou, aby nedošlo k poškození čerpadla a druhý v zalévací nádobce, aby nedošlo k jejímu přetečení při zalévání. Tento senzor má pouze analogový výstup, proto je potřeba k němu ještě dodělat zapojení s komparátorem viz obrázek 6, které bude určovat logickou úroveň. Samotné zapojení senzoru od výrobce je znázorněno na obrázku 3. Oba dva senzory mají napájecí napětí 5 V.



Obrázek 3 Zapojení senzoru hladiny vody (překreslené z DPS).

2.2 Klimatický okruh

Tento okruh by měl zajistit rostlinám vhodné klimatické podmínky. Využívá 3 druhy výstupních periférií (dva ventilátory, topení, zvlhčovací systém) a 2 druhy vstupních periférií (senzor teploty, senzor vlhkosti).

Ventilátory zajišťují větrání ve skleníku a v případě vyšší teploty nebo vlhkosti zajistí snížení jejich hodnot. Pokud bude ve skleníku příliš nízká teplota, sepne se topení. Když dojde ke snížení požadované vlhkosti, sepne se zvlhčovací systém. Maximální, minimální teplota a vlhkost je nastavitelná uživatelem.

2.2.1 Periferie klimatického okruhu

První z výstupních periférií je topení. Jeho úkolem je zvyšovat teplotu na uživatelem požadovanou úroveň. Topný článek je realizován pomocí sedmnácti do série zapojených drátových odporů o velikosti 220 Ω. Odpory jsou napájeny ze sítě. Celý topný článek má výkon 14,1 W (rovnice 1).

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{230^2}{17 \cdot 220} = 14,1 \text{ W} \quad (1)$$

Druhou výstupní periférií jsou dva ventilátory, které zajišťují chlazení a případné větrání. Zvolila jsem ventilátory AIMAXX eNVicooler 8, které jsou umístěny ve střešní části skleníku. Pracují při napětí 12 V a jejich hlučnost je 9.8-12.6 dB/A.

Jako třetí výstupní periférií je generátor vlhkosti. Ten je sestaven z ultrazvukového generátoru umístěného na dně nádrže s vodou a malého ventilátoru ve víku nádrže. Ventilátor vhání vzduch do nádrže, aby se vzniklá studená pára vytlačila přes hadici do horní části skleníku [20]. Ultrazvukový generátor je potřeba napájet 24 V a ventilátor 5 V.

Jako vstupní periferie pro tento okruh je modul KAMAMI KAMODHTS221 se senzorem teploty a vlhkosti. Jeho rozsah měřených hodnot je 0 až 100% RH (vlhkost) a 0 až 60°C (teplota). Rozsah chyby při měření vlhkosti je ± 6% (0 až 100% RH) a ± 4.5% (20 až 80% RH). Rozsah chyby při měření teploty je ± 1°C (0 až 60°C) a ± 0.5°C (15 až 40°C) [14]. Pro komunikaci s tímto modulem využívám protokol I2C.

2.3 Světelný okruh

Tento okruh zajišťuje rostlinám dostatečný přísun světla tehdy, poklesne-li intenzita denního světla. Například v zimních měsících nebo je-li skleník umístěn ve špatných světelných podmínkách. U osvětlení jsou potřeba zvolit správné vlnové délky tak, aby to prospívalo růstu rostlin. Vliv vlnových délek na rostliny nalezneme v příloze 2.

2.3.1 Periferie světelného okruhu

Pro kontrolu, zda je dostatečná intenzita denního světla, jsem zvolila senzor světla Avago Technologies APDS-9300-020 [15]. S tímto senzorem probíhá komunikace za pomoci protokolu I2C.

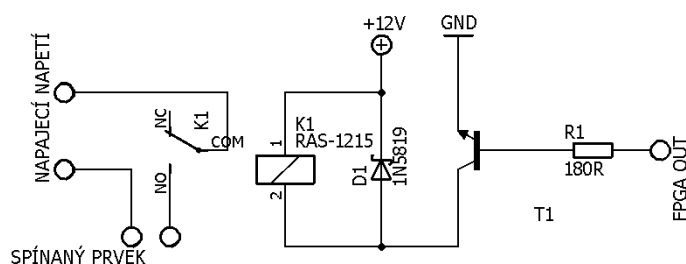
Jako zdroj světla jsem použila 2 desky s 10 do série zapojenými LED diodami o výkonu 1W. LED diody mají vlnové délky 465 nm (modrá), 650 nm (červená) a 400nm (UV) a jsou řazeny v pořadí: modrá, červená, modrá, UV, modrá, aby bylo dosaženo optimálního mixu vlnových délek pro ideální růst rostlin.

3 Zapojení a návrh desek

Veškeré mnou navržené desky byly vyrobeny v domácích podmínkách. Na desky plošných spojů byl použit materiál FR4 se silou mědi $35\text{ }\mu\text{m}$ a s již nanesenou fotocitlivou vrstvou. Na desky byla použita pozitivní předloha. Desky byly osvětleny pomocí UV LED diod. Motiv se vyvolával v 1,5% roztoku hydroxidu sodného a leptal v 30 % roztoku chloridu železitého. Po osazení DPS byly všechny desky nalakovány pomocí ochranného laku na osazené plošné spoje. Led panely a deska pro senzor světla byly přetaveny pájecí pastou Sn63Pb37 v přestavovací peci. Zbytek desek byl pájen ručně trubičkovou pájkou Sn60Pb39Cu1.

3.1 deska se zdrojem a spínacími prvky

Na této desce nalezneme jak zdrojovou část, tak i část spínací. Topení a čerpadlo je nutno napájet ze sítě, proto je vhodné spínat tyto prvky za pomoci relé (obrázek 4). Osvětlení, ultrazvukový generátor a ventil je vhodné taktéž spínat za pomoci relé, jelikož tyto prvky mají velký proudový odběr a při sepnutí a vypnutí vykazují velké napěťové špičky. Pro tento účel je použito relé RAS-1215, které spíná při napětí 12 V. Paralelně k cívce z relé je připojena Schottkyho dioda D1 (1N5819), jejímž úkolem je ochránit tranzistor před průrazem. Tranzistor T1 (BC547) se používá ke spínání 12V vstupu k danému relé nebo přímo pro spínání ventilátoru. Odpor R1 (180R) je zvolen tak, aby při logické 1 (2,5 V) na výstupu z FPGA byl přiveden na bázi tranzistoru řídicí proud 24 mA.



Obrázek 4 Spínání pomocí relé [2].

Napájení celého systému je provedeno pomocí jednoduchého zdroje, který má tři napěťové větve 24 V, 12 V a 5 V. Výstupy mají v součtu maximální proudovou zatížitelnost 2 A. V nejhorším možném případě je proudový odběr všech sepnutých komponent 1,98 A viz tabulka 1 (jsou zapnuty prvky: osvětlení, ultrazvukový generátor, elektromagnetický ventil, tlačítková deska, spojovací deska, malý ventilátor, vývojová deska s FPGA). Zdroj je napájen ze sítě (230 V / 50 Hz). Napětí je transformováno za pomoci transformátu s jedním výstupem na 24 V/4 A. Toto napětí je usměrněno Graetzovým můstkem, který je sestaven z diod BY299 a stabilizován pomocí stabilizátoru napětí 78S24. Pro získání 12 V výstupu je použit stabilizátor napětí 78S12 a pro získání 5 V výstupu je použit stabilizátor napětí 78S05. Kondenzátory C1, C2, C3, C4, C6 a C7 jsou doporučeny výrobcem pro zlepšení funkce stabilizátorů [17]. Kondenzátor C5 slouží jako vyhlazovací. LED1 s odporem R1 slouží pro indikaci funkčnosti zdroje. Celé schéma zdroje viz příloha 3.

Tabulka 1 Měření odporu jednotlivých komponent zapojených do zdroje skleníku.

Prvek napájený ze zdroje	$U_{\text{NAPAJECÍ}}$ [V]	$I_{\text{ODEBÍRANÝ}}$ [mA]	P [W]
ventilátory	12	130	1,56
osvětlení	24	25	0,6
ultrazvukový generátor	24	510	12,24
elektromagnetický ventil	12	1056	12,672
tlačítková deska	5	5	0,025
spojovací deska	5	34	0,17
display	5	120	0,6
ventilátor malý	5	110	0,55
Vývojová deska s FPGA	5	120	0,6

3.1.1 Návrh desky

Velikost desky je 216 x 79 mm. Velikost je navržena podle chladiče, který je přišroubován ke všem stabilizátorům napětí. Rozvod napětí ze sítě je umístěn v levém dolním rohu desky a je co možná nejdál od ostatních cest, aby nedocházelo k jejich vzájemnému rušení. Tato část je ještě oddělena výbrusem. Kondenzátory musí být na desce umístěny co nejbližší k vývodům stabilizátoru, aby správně fungoval regulační obvod stabilizátoru. Transformátor se nachází mimo desku a jeho vývody jsou do desky přivedeny přes svorky z důvodů velkých rozměrů a velké váhy transformátoru. Deska je vyrobena oboustranně. Cesty na desce jsou voleny silnější, jelikož jimi protékají větší proudy. Vyrobená deska viz obrázek 5.

3.1.2 Zjednodušený výpočet rozměrů chladiče pro stabilizátory

Zpracováno dle [25]

Konstanty a proměnné:

- C_1 – materiálová konstanta: Al = 1
- C_2 – vyzařovací konstanta: (pro Al tloušťky 2-3mm) svise = 0,43
- V_a – teplota okolí – běžně se bere se 45 °C
- V_j – maximální teplota přechodu: Si = 200 °C
- K_1 – vnitřní tepelný odpor pro pouzdro TO220 = 3 °C · W⁻¹
- K_2 – vnější tepelný odpor [°C · W⁻¹]
- P – ztrátový výkon na stabilizátorech [W]
- A_{max} – maximální proud stabilizátoru [A]
- $U_{vstupní}$ – vstupní napětí stabilizátoru [V]
- $U_{výstupní}$ – výstupní napětí stabilizátoru [V]
- V_c – maximální teplota pouzdra [°C]
- S – plocha chladiče [cm²]

Výpočet ztrátového výkonu na jednotlivých stabilizátorech:

$$P_{78S24} = (U_{vstupní} - U_{výstupní}) \cdot A_{max} = (35,5 - 24) \cdot 2 = 32 \text{ W} \quad (2)$$

$$P_{78S12} = (U_{vstupní} - U_{výstupní}) \cdot A_{max} = (24 - 12) \cdot 2 = 24 \text{ W} \quad (3)$$

$$P_{78S05} = (U_{vstupní} - U_{výstupní}) \cdot A_{max} = (12 - 5) \cdot 2 = 14 \text{ W} \quad (4)$$

Výpočet maximální teploty pouzdra:

$$V_{c78S24} = V_j - (K_1 \cdot P_{78S24}) = 200 - (3 \cdot 32) = 104 \text{ °C} \quad (5)$$

$$V_{c78S12} = V_j - (K_1 \cdot P_{78S12}) = 200 - (3 \cdot 24) = 128 \text{ °C} \quad (6)$$

$$V_{c78S05} = V_j - (K_1 \cdot P_{78S05}) = 200 - (3 \cdot 14) = 158 \text{ °C} \quad (7)$$

Výpočet vnějšího tepelného odporu:

$$K_{278S24} = \frac{V_{c78S24} - V_a}{P_{78S24}} = \frac{104 - 45}{32} = 1,84 \text{ °C} \cdot \text{W}^{-1} \quad (8)$$

$$K_{278S12} = \frac{V_{c78S12} - V_a}{P_{78S12}} = \frac{128 - 45}{24} = 3,46 \text{ °C} \cdot \text{W}^{-1} \quad (9)$$

$$K_{278S05} = \frac{V_{c78S05} - V_a}{P_{78S05}} = \frac{158 - 45}{14} = 8,07 \text{ °C} \cdot \text{W}^{-1} \quad (10)$$

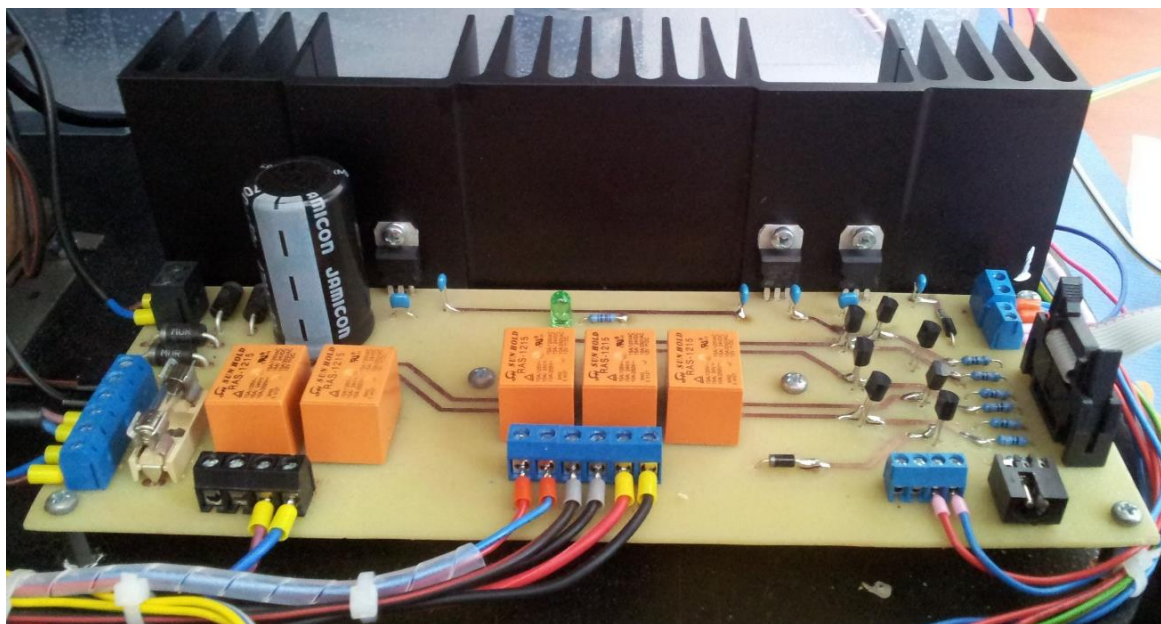
Výpočet plochy chladiče:

$$S_{78S24} = \frac{C_1 \cdot 7,6 \cdot 10^2 \cdot C_2}{K_2 P_{78S24} - C_1 \cdot 1,73} = \frac{1 \cdot 7,6 \cdot 10^2 \cdot 0,43}{1,84 - 1 \cdot 1,73} = 2970 \text{ cm}^2 \quad (11)$$

$$S_{78S12} = \frac{C_1 \cdot 7,6 \cdot 10^2 \cdot C_2}{K_2 P_{78S12} - C_1 \cdot 1,73} = \frac{1 \cdot 7,6 \cdot 10^2 \cdot 0,43}{3,46 - 1 \cdot 1,73} = 188 \text{ cm}^2 \quad (12)$$

$$S_{78S05} = \frac{C_1 \cdot 7,6 \cdot 10^2 \cdot C_2}{K_2 P_{78S05} - C_1 \cdot 1,73} = \frac{1 \cdot 7,6 \cdot 10^2 \cdot 0,43}{8,07 - 1 \cdot 1,73} = 51 \text{ cm}^2 \quad (13)$$

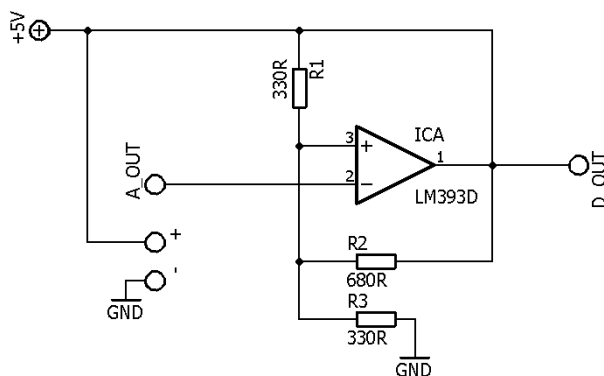
Chladič musí mít celkovou plochu 3209 cm^2 . Mnou zvolený chladič má plochu 6500 cm^2 tudíž by nemělo dojít k přehřátí součástek.



Obrázek 5 Zhotovená deska se zdrojem a spínacími prvky (zdroj vlastní).

3.2 Spojovací deska

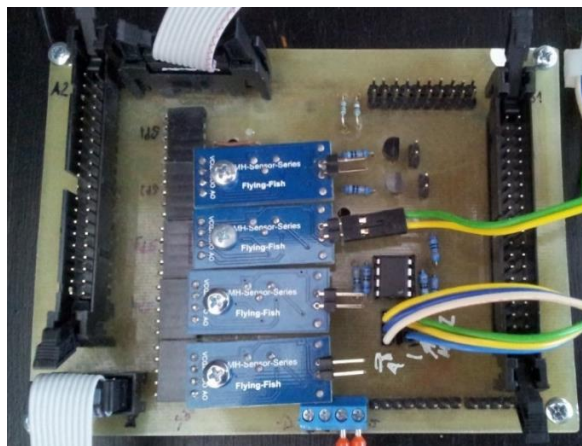
Do této desky jsou přivedeny veškeré datové vodiče a rozvedeny do dvou konektorů PSL40 (B1 a A2). Na konektor B1 jsou přivedeny datové vodiče z displeje, senzoru světla, senzorů hladiny vody a senzoru pro měření teploty a vlhkosti. Na konektor A2 jsou přivedeny datové vodiče z tlačítkové desky, ze senzorů vlhkosti půdy a datové vodiče pro spínání výstupních periférií. Dále se na desce nachází komparátor LM393 v zapojení investujícího komparátoru s hysterezí a slouží k převodu analogových výstupů, ze senzoru hladiny vody, na digitální viz obrázek 6. Jestliže se na analogovém výstupu objeví napětí 3 V, na digitálním výstupu bude 5 V, tudíž logická 1. Pokud napětí na analogovém výstupu klesne pod 2,9 V, na digitálním výstupu bude logická 0. Nakonec jsou na desce ještě dva tranzistory BC547 s odpory o hodnotě 82 Ω , které slouží ke spínání indikačních LED diod.



Obrázek 6 Zapojení komparátoru pro převod analogového výstupu na digitální výstup [13].

3.2.1 Návrh desky

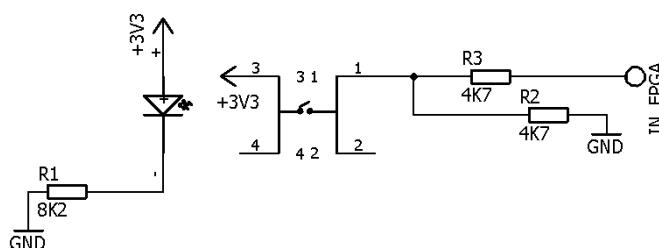
Velikost desky je 120 x 88 mm. Konektory a piny jsou umístěny co nejvíce na kraj desky, aby se k nim lépe připojovaly kabely. Volný prostor uprostřed desky je využit pro moduly k senzorům půdní vlhkosti. Moduly jsou nasunuty do konektorů a jsou přišroubovány k desce, aby se při manipulaci nemohly zalomit. Po desce jsou rozvedena dvě napětí a to 5 V přivedených od zdroje skleníku a 3,3 V přivedených z vývojové desky.



Obrázek 7 Zhotovená spojovací deska (zdroj vlastní).

3.3 Deska se spínači

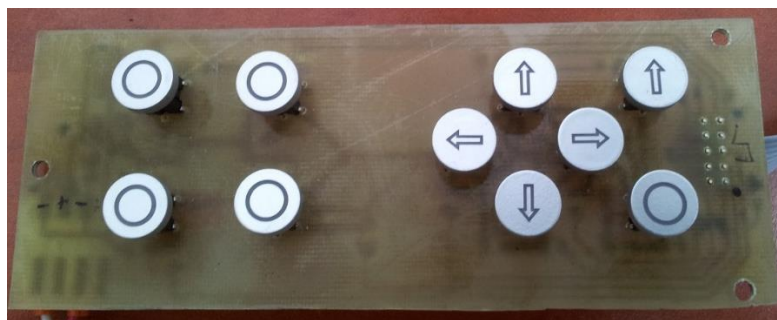
Ovládací panel je sestaven z deseti podsvícených mikrospínačů. Při sepnutí spínače se na jeho výstupu objeví 3,3 V (logická 1). Odpor R2 slouží jako pull-down rezistor. Odpor R1 slouží k omezení proudu při jeho stisku. Hodnoty rezistorů jsou zvoleny stejně jako na vývojové desce Starter Kit Board. U prosvětlovacích LED diod, je hodnota předřadného odporu zvolena s cílem tak, aby diody nesvítily plným jasnem a nerušily tím okolí. Desku je možné napájet napětím 3,3 V nebo 5 V. Při napájení 5 V je napětí stabilizováno na 3,3 V stabilizátorem.



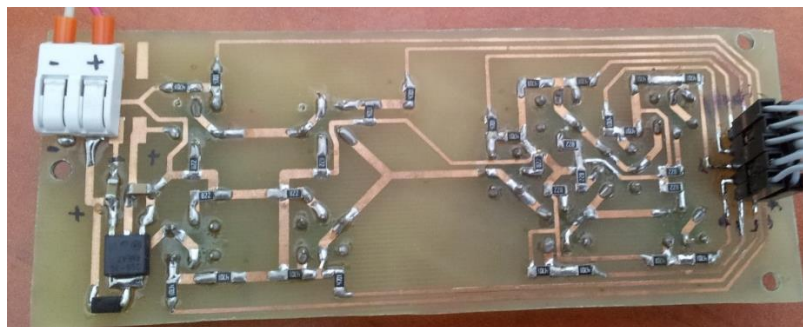
Obrázek 8 Zapojení jednoho spínače [27].

3.3.1 Návrh desky

Velikost desky je 121 x 46 mm. Spínače jsou na desce rozmístěny tak, aby odpovídaly navržené ergonomii ovládacího panelu. Z horní části desky musí vyčnívat pouze tlačítka, proto je zbytek použitých součástek včetně napájecího konektoru voleno v SMD provedení. SMD součástky jsou umístěny ze spodní strany desky.



Obrázek 9 Horní strana sestavené desky (zdroj vlastní).

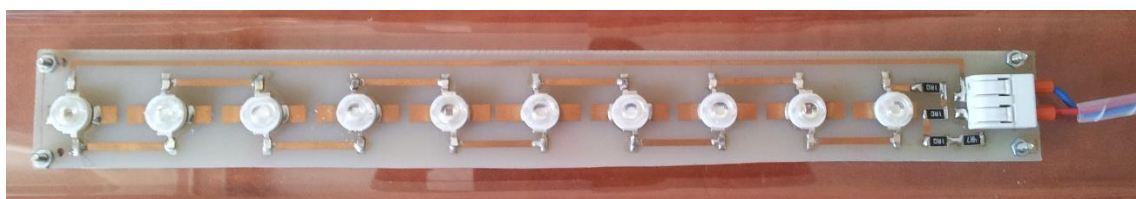


Obrázek 10 Spodní strana sestavené desky (zdroj vlastní).

3.4 LED panely

Ve skleníku jsou dva LED panely. Na každém panelu je deset do série zapojených SMD LED diod o výkonu 1 W. Každá deska je napájena 24 V. Aby byl dosažený potřebný proud $I_d = 350 \text{ mA}$ na každé diodě, je potřeba zapojit předřadný odpor $7,14 \, \Omega$ se ztrátovým výkonem 0,88 W. Zvolila jsem tedy SMD rezistory s velikostí pouzdra 2010, které jsou na výkon 0,75 W. Aby vydržely požadované zatížení, jsou rozděleny na 4 hodnoty, tak že v součtu dávají $R = 7,7 \, \Omega$.

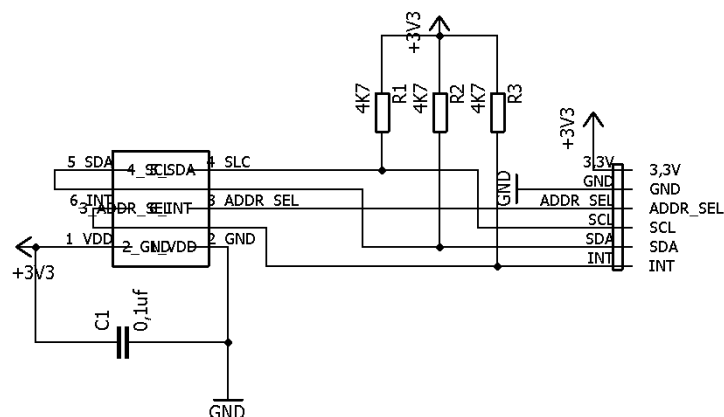
LED diody jsou od sebe rozmístěny ve vzdálenosti 2 cm. Dva LED panely stačí na rovnoměrné pokrytí celého skleníku. Při návrhu bylo nutno myslet na chladicí plošky pod led diody. Velikost jedné desky je 220 x 23 mm.



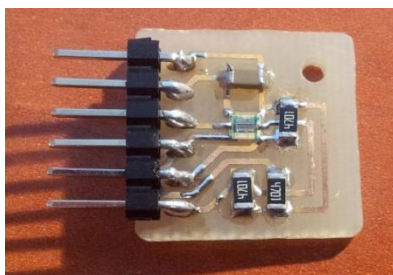
Obrázek 11 Zhotovený LED panel (zdroj vlastní)

3.5 Deska pro senzor světla

Na desce pro senzor světla se nachází jeden kondenzátor o velikosti $0,1\ \mu\text{F}$. Je připojen mezi napájení a zem. Kondenzátor slouží k odrušení přechodných proudů způsobené interním logickým přepínáním. Kondenzátor musí být použit keramický a musí být umístěn co nejbližší vývodům senzoru. Pull-up rezistory, R1,R2 a R3, udržují linky SDA, SCL a INT ve vysoké úrovni, když je sběrnice prázdná. Velikost desky je $16\ \text{x}\ 16\ \text{mm}$.

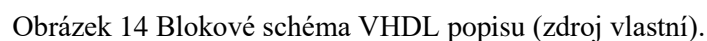


Obrázek 12 Schéma zapojení senzoru světla [15].



Obrázek 13 Zhotovená deska pro senzor světla (zdroj vlastní).

Při plném zapojení skleníku je použito 46 externích uživatelských portů na vývojové desce Starter Kit Board.

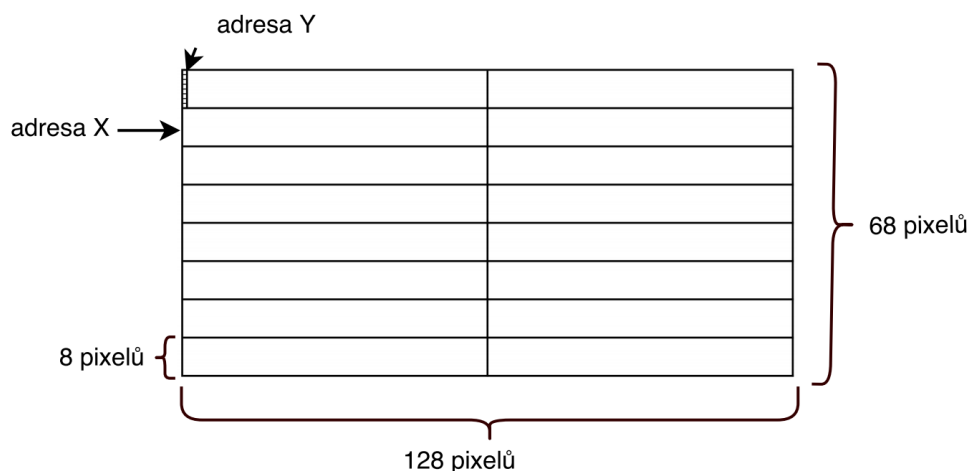


4.1 Grafický displej

Displej má 128x64 pixelů řízený pomocí 14 datových portů. Signál DI určuje, zda do displeje budou vstupovat data nebo instrukce. Signál RW určuje, zda bude displej v režimu čtení nebo zápisu. Signály DB0 až DB7 jsou signály vyhrazeny pro přenos dat z displeje a do displeje. Signály CS1 a CS2 určují, na kterou půlku displeje se bude zapisovat. Poslední 2 signály jsou pro reset (RES) a povolovací signál E.

Jelikož má displej vlastní hodiny, které běží pomaleji než primární hodiny pro FPGA, je nutné 50 MHz v FPGA zpomalit na nižší hodnotu. Výrobce přesně neudává, na kolik Hz běží hodiny v displeji a proto je hodnota zvolena experimentálně podle toho, kdy neměl displej žádné chyby ve vykreslování. Za pomoci děličky bylo sníženo 50 MHz na 250 kHz.

Displej je řízen přes tři na sebe navazující komponenty. Úplně nejspodnější komponenta je *displej_komunikace*, řídí samotnou komunikaci s displejem. Do displeje se nejprve pošle zapínací sekvence a to tak, že vstup DI se přepne do režimu instrukce (logická 0), vstup RW se nastaví do režimu pro zápis dat (logická 0), na vstupy DB7 až DB0 se přivedou hodnoty "00111111", přičemž poslední bit (vstup DB0) určuje, zda bude displej zapnut (logická 1) nebo vypnut (logická 0). Po odeslání instrukce je potřeba čekat na odpověď displeje a to tak, že požádáme o informace v režimu čtení, tudíž vstup DI necháme v režimu instrukce, vstup RW přepneme do režimu pro čtení (logická 1). Vývody DB7 až DB0 uvolníme vysokou impedancí (Z). Výstup DB7 nám říká, zda displej pracuje (logická 1) nebo je připraven na další instrukci (logická 0). Výstup DB5 nám říká, jestli je displej zapnut (logická 0) nebo vypnut (logická 1). Výstup DB4 nás informuje o tom, zda se displej nachází v resetu (logická 1) nebo ne (logická 0). Jestliže jsme dostali odpovědi, displej není v resetu, je zapnutý a je připraven na další instrukci. Můžeme přejít k nastavení adresy pro vykreslování jednotlivých pixelů. Nejprve nastavíme adresu Y, která nám určí sloupeček, do kterého se zapíše 8 bitů. Vstup DI necháme v režimu instrukce, vstup RW necháme v režimu zápisu, vstupy DB7 a DB6 nastavíme na logickou 1 a na vstupy DB5 až DB0 přivedeme 6 bitovou adresu Y. Po nastavení adresy se musí zkontrolovat stav displeje. Po jeho kladné odpovědi můžeme přejít k nastavení adresy X, která určuje řádek, na který se bude zapisovat. Vstup DI opět necháme v režimu instrukce, RW nastavíme do režimu zápisu, vstupy DB6 až DB3 nastavíme na hodnoty "10111" a na vstupy DB2 až DB0 přivedeme 3 bitovou adresu X. Opět musíme zkontrolovat stav displeje. Po kontrole můžeme poslat 8 bitů dat tak, že DI nastavíme do režimu data, RW necháme v režimu zápisu a po vstupech DB7 až DB0 pošleme data. Celý proces takto běží pořád dokola, dokud se nezapiší na celý displej všechna potřebná data. Na displeji lze ještě nastavit Z adresu, která posouvá začátek vykreslování z adresy 0, na uživatelem zvolenou adresu. Této možnosti nevyužívám. Adresy znázorněné viz obrázek 15.



Obrázek 15 Rozdělení grafického displeje (zdroj vlastní).

Nadřazená komponenta *displej_komp* se stará o vykreslování jednotlivých znaků. Jednotlivé znaky jsou uloženy jako konstanty ve vlastním datovém typu v podobě 8x8 bitů. Jelikož potřebujeme při vykreslování znát pořadí písmenek, jsou všechny uloženy v konstantě ZNAKY. Pak už stačí jen jednotlivé obrazovky uložit jako řadu 128 čísel. Komponenta *displej_komp* zjistí od spodní komponenty *displej_komunikace*, zda může poslat 8 bitů dat a danou adresu. Adresa má 10 bitů, přičemž prvních 6 spodních bitů určuje adresu Y, šestý bit vybírá, na kterou půlku obrazovky se bude vykreslovat a poslední 3 bity určují adresu X. Po každém zápisu 8 bitů dat se adresa inkrementuje o jedna. Data se vybírají z konstanty ZNAKY. Přičemž první parametr určuje, který znak se bude vykreslovat a druhý parametr určuje, kterých 8 bitů ze znaku se má vykreslit. Druhý parametr se s každým zápisem inkrementuje o jedna, až dosáhne hodnoty 7. Pak se vynuluje a je připraven pro nový znak.

Poslední blok, který pracuje s displejem, je blok *top*. V tomto bloku se realizuje vykreslení celé obrazovky nebo vykreslení jednotlivých znaků na danou pozici podle toho, který spínač byl zmáčkнут na ovládacím panelu. Vše začíná ve stavu *st_KONEC*, který čeká na vstup z komponenty *tlačítka_výstup*. Podle toho, které z tlačítek bylo zmáčkuto, přejde do jednoho ze čtyř stavů (*st_VODA*, *st_VZDUCH*, *st_VLHKOST*, *st_TEPLOTA*), který určí konstantu s uloženým pořadím znaků, které se vykreslí. O vykreslování se starají tři stavy. Prvním z nich je stav *st_ZAPIS_DAT*, který při povolení zápisu z komponenty *displej_komp* pošle počáteční adresu znaku a číslo znaku, který se má vypsát. Potom přejde do stavu *st_WAIT*, který pouze čeká na jeden hodinový cyklus. Tento stav je požit z důvodu správné synchronizace se stavovým automatem z komponenty *displej_komp*. Nakonec přejde do stavu *st_INKREMENT*, který posouvá znaky a k nim příslušné adresy. Po vypsání jedné ze základních obrazovek se přesuneme do stavu *st_SET_SELECT*, který čeká na zmáčknutí jedné ze šipek nebo na tlačítka zpět a ok. Při stisku šipek nahoru nebo dolů se zobrazuje na displeji čtverec, který určuje pozici v nastavení. Pozici tohoto čtverečku určují dva stavy *st_SIPKY_ND* a *st_ZMENA_TECKA*, které podle hodnoty počítadla (kolikrát byla která šipka nahoru nebo dolů zmáčkuta) z komponenty *tlačítka_výstup* určí pozici tečky, která se má vykreslit a jelikož má displej SRAM paměť, tak se musíme postarat i o přepsání již zobrazených čtverečků na prázdné

znaky. Takto nastavené hodnoty zpracují stavy, které se starají o vykreslování obrazovky. Zmáčknuté šípky doprava a doleva obsluhují stavy *st_SIPKY_PL*, *st_ZMENA_CISLO*, *st_ZMENA_ON_OFF* *st_ZMENA_HODNOTY_TEPLOTA*, *st_ZMENA_HODNOTY_VLHKOST* a. Stav *st_SIPKY_PL* vybere podle základní obrazovky, jestli se budou měnit hodnoty vlhkosti nebo hodnoty teploty. Podle výběru se přejde buď do stavu *st_ZMENA_HODNOTY_TEPLOTA* nebo *st_ZMENA_HODNOTY_VLHKOST*, kde se vypočítá příslušná hodnota z počtu zmáčknutých tlačítek a z počáteční minimální hodnoty. Pak se přejde do stavu *st_ZMENA_CISLO*, který chystá informace o adrese a znaku pro stavy, které se zabývají výpisem. Pokud je čtvereček na poslední pozici, kde se nastavuje jednorázové zapnutí výstupních periférií. Tak pomocí šípek doprava a doleva měníme znaky na ON a OFF. Podklady pro tuto změnu zajišťuje stav *st_ZMENA_ON_OFF*. Pokud máme vše nastaveno, zmáčkne tlačítka Ok nebo zpět přejdeme do stavu *st_UVOD*, který dá podklady pro vykreslení úvodní obrazovky. Po vykreslení úvodní obrazovky čekáme ve stavu *st_WAIT_TL*, který čeká buď na zmáčknutí tlačítka, nebo na povolení k překreslení hodnot teploty a vlhkosti, které přišly ze senzoru teploty a vlhkosti. Informace o displeji [21][22].

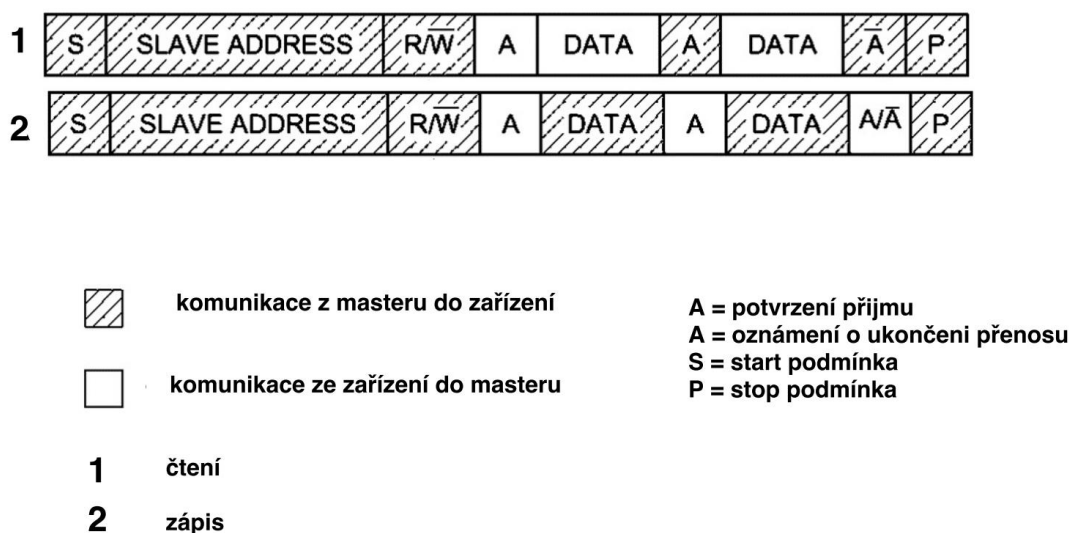
4.2 I2C komponenta

Kapitola zpracovaná dle [23][24].

I2C je sériová sběrnice vyvinuta firmou Philips. Komunikace probíhá po dvou linkách. Tyto linky se nazývají SDA a SCL. Komunikace po linkách probíhá oboustranně. Po lince SCL se posílá hodinový signál o rychlosti 400 kHz. Po lince SDA se posílají data.

Z elektrického hlediska jsou oba kanály zapojeny jako otevřený kolektor. Ke každému vodiči musí být připojeny pull-up rezistory, které zajišťují vysokou úroveň v klidovém stavu. Při komunikaci jsou na SDA posílány jednotlivé bity, jestliže SCL je v úrovni L. Toto pravidlo ovšem neplatí při vysílání start a stop pomníky, které se používají pro ukončení a zahájení komunikace. Sběrnice rozděluje připojená zařízení na řídicí (master – zahajuje a ukončuje komunikaci; generuje hodinový signál SCL) a řízené (slave – zařízení adresované masterem).

Přenos dat se zahajuje start podmínkou a to tak, že master SDA se nastaví do nuly a SCL na 1. Pro okolní zařízení je to signál, že se zahájí komunikace a začnou všechny poslouchat. Master pak odešle 7 bitovou adresu zařízení, se kterým chce komunikovat a jeden bit pro volbu čtení nebo zápisu. Když master poslal, že bude zapisovat (obrázek 16) čeká na odpověď zařízení. Jakmile odpoví, že slyšelo, master pošle 8 bitů dat, které chce zapsat. Aby master mohl poslat dalších 8 bitů dat, musí mu zařízení potvrdit, že slyšelo předchozí přenos. Jestliže už nebudeme dále zapisovat, zařízení potvrdí ukončení zápisu a master vyšle stop podmínku (SCL je trvale v 1 a SDA se dá do 1). Když master pošle, že bude číst (obrázek 16). Zařízení odpoví masteru, že slyšelo, a začne posílat 8 bitů dat. Před každým posláním nových dat musí master odpovědět, že data přijal. Pokud už nechce master dále číst data, pošle zařízení oznámení o ukončení čtení a pošle stop podmínku.



Obrázek 16 Znáznornění čtení a zápisu I2C sběrnice [24].

4.3 Komponenty pro senzor teploty a vlhkosti

Komponenta *teplomer_komunikace* přichystává údaje o adresách a datech z komponenty *Teplota_vlhkost_komp* pro komponentu *i2c_master*. Ve stavu *S_start* se čeká na povolení práce od vrchní komponenty *teplota_vlhkost_komp* a na oznámení od spodní komponenty, *i2c_master*. Pokud je spodní komponenta volná, přejde se do stavu *S_Adresa*, který zapíše adresu registru pro senzor teploty, ze kterého se bude číst nebo zapisovat. Jestliže se bude zapisovat, přejde do stavu *S_zapis*, kde zapíše patřičná data do daného registru. Jestliže se bude číst, přejde se do stavu *s_cteni1*, který slouží k synchronizaci. Pak přijde do stavu *S_cteni2*, který čeká, než spodní komponenta přečte všechna potřebná data. Po přečtení všech dat spodní komponentou, přejde do stavu *S_start*, který oznámí komponentě *teplota_vlhkost_komp*, že čtená data jsou k dispozici.

Komponenta *Teplota_vlhkost_komp* ovládá senzor teploty a vlhkosti. V počátečním stavu *S_start1* se zapne výstup DRDY ze senzoru. Zapnutí provedeme tak, že na vstup adresa pošleme adresu registru CTRL_REG3 (0X22) a na vstup pro data hodnoty "00000100". Výstup DRDY oznamuje, že byla naměřená nová hodnota. Potom přejdeme do stavu *S_start2*, kde aktivujeme senzor a nastavíme frekvenci měření dat na 1Hz. To znamená, že do registru CTRL_REG1 (adresa 0X20) pošleme hodnoty "10000001". Potom přejdeme do stavu *S_cekani_2*, kde přečteme z registru TEMP_OUT_L (adresa 0X2A) horní dva bity dat (údaje o teplotě). Ve stavu *S_temp_cteni_H* přečteme z registru TEMP_OUT_H (adresa 0X2B) všechny bity (údaje o teplotě). Ve stavu *S_hud_cteni* přečteme z registru HUMIDITY_OUT_H (adresa 0X29) všechny bity (údaje o vlhkosti). Po přečtení všech potřebných registrů s daty o teplotě a vlhkosti přejdeme do stavu *S_uprava_hodnot*, kde přičteme k teplotě a vlhkosti kalibrační konstantu. Nakonec přejdeme do stavu *S_cekani1*, kde čekáme na oznámení výstupu DRDY, že byla naměřena nová hodnota. Informace o senzoru teploty a vlhkosti [14].

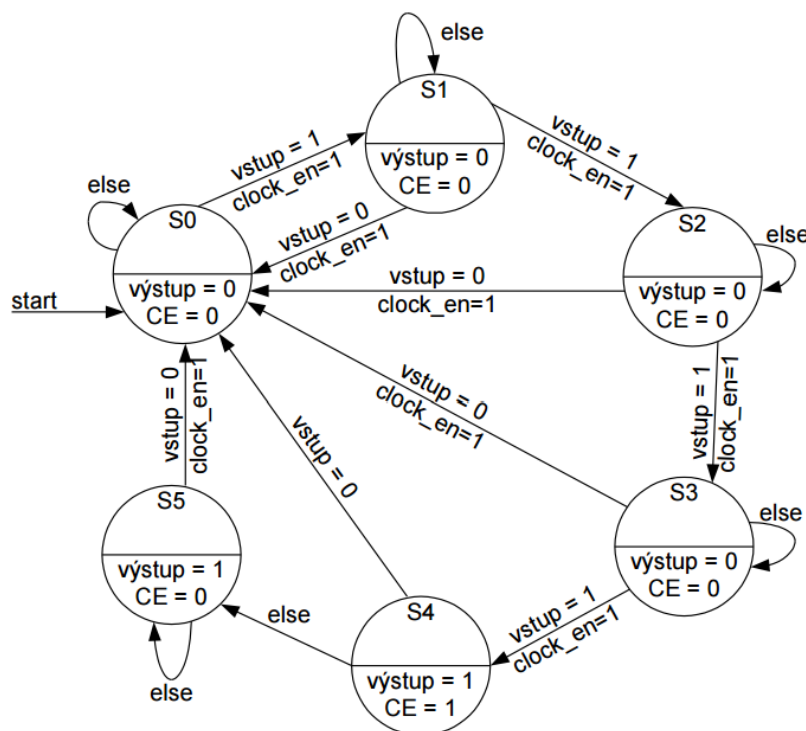
4.4 Tlačítka

Komponenta *tlacitka_vstup* zaznamenává na stisknutí spínačů a informace předává komponentě *top*. Tlačítko při sepnutí nemá ideální průběh. Vyskytují se zde rušivé zákmity, které mohou ovlivnit logické obvody. Doba zákmitů je ovlivněna kvalitou kontaktu, používáním a stárnutím. Výstup z tlačítka není synchronní vůči žádnému hodinovému signálu [26]. Proto jsem pro odstranění zákmitů a synchronizaci vstupu z tlačítek použila komponentu *debouncer*. Jeho funkce je vyobrazena na obrázku 17.

Výstupy z debouncerů jsou pak spravovány třemi procesy. První proces spravuje tlačítka se šipkami nahoru a dolů. Při stisku šipky nahoru inkrementuje registr *sumND* o 1. Při stisku šipky dolů dekrementuje registr o 1. Registr *sumND* může však nabývat maximální hodnoty 3 a minimální hodnoty 0.

Druhý proces zpracovává tlačítka se šipkami vpravo a vlevo. Při stisku šipky vpravo inkrementuje registr *sumPL* o 1. Při stisku vlevo dekrementuje registr o 1. Registr *sumPL* může však nabývat maximální hodnoty 25 a minimální hodnoty 0.

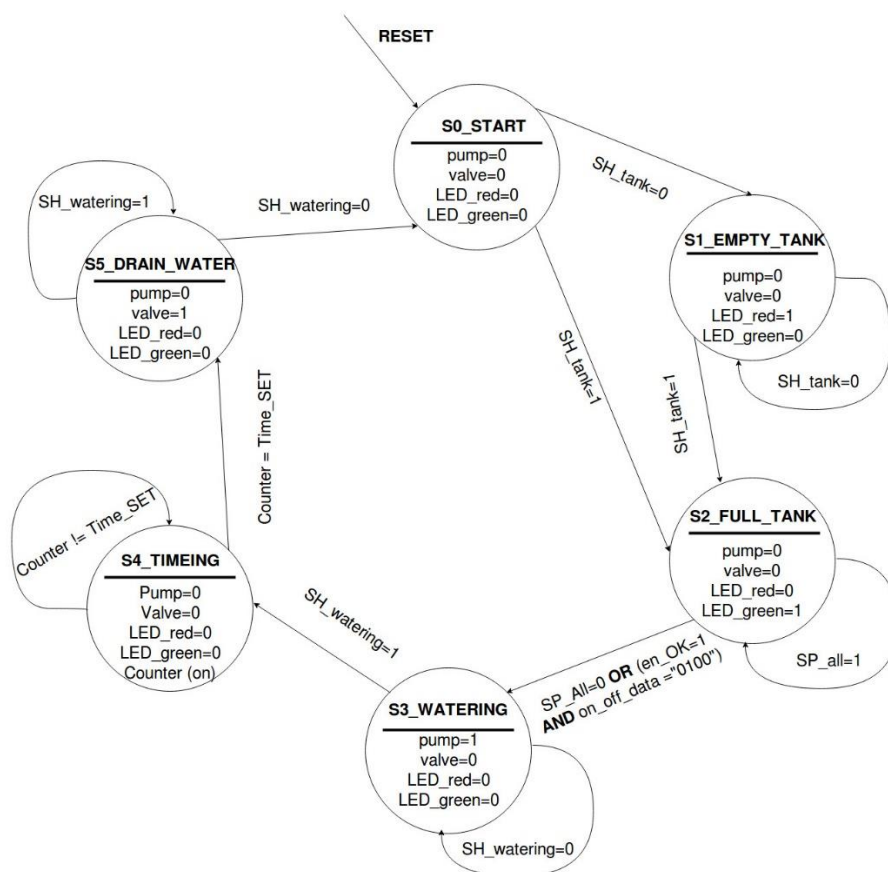
Poslední proces udržuje hodnotu na výstupu, podle toho, které z 10 tlačítek bylo zmáčknuto. Hodnota se změní pouze tehdy, je-li zmáčknuto jiné tlačítko.



Obrázek 17 Návrh obvodu pro odstranění zákmitů s využitím stavového automatu [26].

4.5 Stavový automat pro vodní okruh

Vodní okruh je řízen pomocí stavového automatu (obrázek 18), který se nachází v komponentě *hlavni_stavove_automaty*. Automat začíná ve stavu *S0_START*, ze kterého se přejde podél senzoru v nádrži s vodou, buď do stavu *S1_EMPTY_TANK* nebo do stavu *S2_FULL_TANK*. Stav *S1_EMPTY_TANK* rozsvítí červenou led diodu, která indikuje, že je potřeba doplnit vodu. Tento stav lze opustit pouze v případě, že senzor hladiny vody zahlásí, že je nádrž plná. Ve stavu *S2_FULL_TANK* se rozsvítí zelená LED dioda, která značí, že je dostatek vody. Tento stav lze opustit ve dvou případech. A to, že si to vyžádá uživatel nebo senzory půdní vlhkosti. Stav *S3_WATERING* spouští čerpadlo. Do stavu *S4_TIMING* přejde, až senzor hladiny vody v zalévací nádobce řekne, že je plná. Ve stavu *S4_TIMING* se spustí počítadlo a s pomocí hodinového signálu 1Hz se odpočítá 20 min. Po 20 min se ve stavu *S5_DRAIN_WATER* spustí výpustný ventil. Jakmile je voda vypuštěna, přejdeme do stavu *S0_START*.



Popis :

SH_tank	Signál pro senzor hladiny vody který je umístěn v nádrži.
SH_watering	Signál pro senzor hladiny vody umístěn v nádobce pro zalívání.
Time_SET	Doba po kterou má být voda v nádrži.
counter	Aktuální hodnota vnitřního počítadla.
SP_All	Signál všechny zapojené senzory půdní vlhkosti které jsou umístěny v květináčích.
on_off_data	Okamžité vynucení činnosti uživatelem.
en_OK	Uživatel potvrdil nastavení

Obrázek 18 Návrh stavového automatu vodního okruhu (zdroj vlastní).

4.6 Stavový automat pro klimatický okruh

Klimatický okruh je řízen pomocí stavového automatu. Automat setrvává ve stavu *S0_START_CLIMA*, ve kterém porovnává hodnoty s nastavenými hodnotami teploty a vlhkosti ze senzoru teploty a vlhkosti. Pokud je nízká vlhkost, přejde do stavu *S3_HUMIDITY*. Pokud je nízká teplota, přejde do stavu *S2_HEATING*. Pokud je vysoká vlhkost nebo teplota, přejde do stavu *S1_VENTILATE*. V těchto stavech setrvá tak dlouho, než hodnoty teploty nebo vlhkosti nedosáhnou požadovaných mezí. Stav *S0_START_CLIMA* lze ještě opustit v případě, že si to vyžádá uživatel pomocí nastavení. V tomto případě automat přejde do stavu *S4_TIMEING_CLIMA*, kde s pomocí hodinového signálu 1Hz se odpočítá 10 min. Po 10 min automat přejde do počátečního stavu *S0_START_CLIMA*.

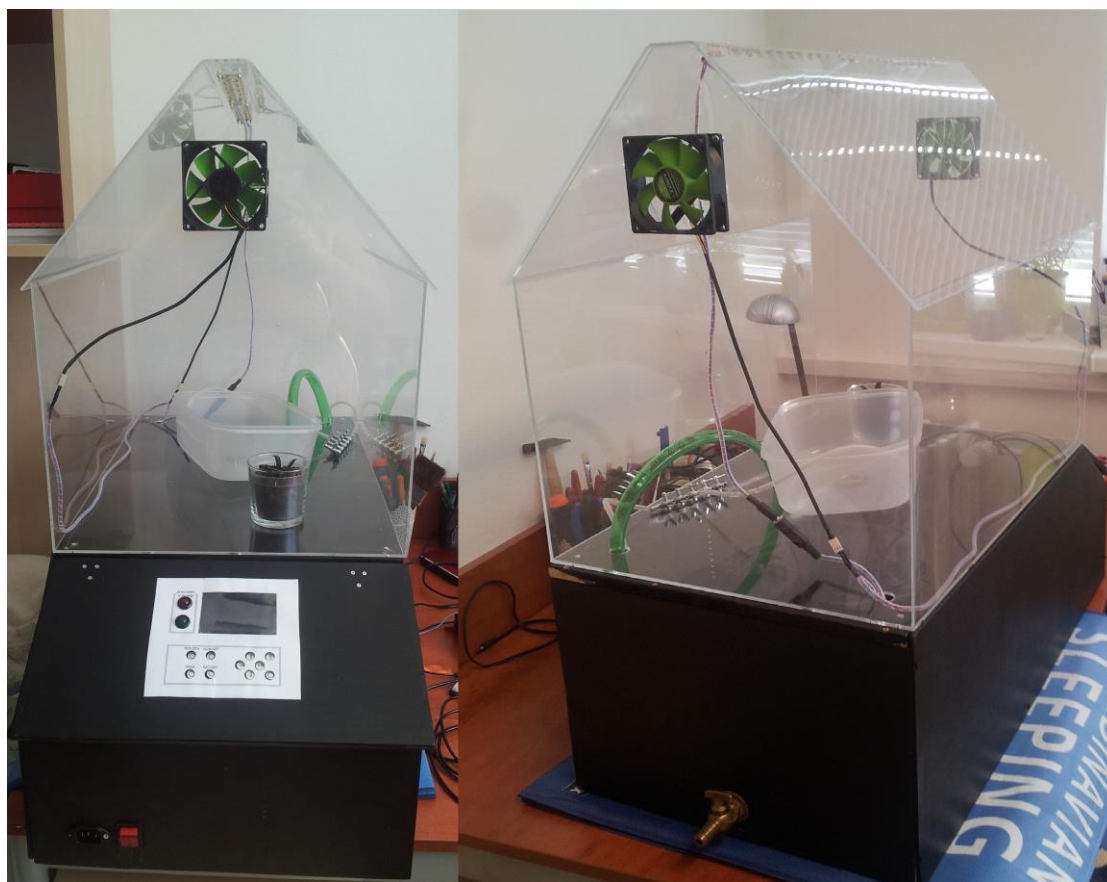
4.7 Komunikace se senzorem světla

O komunikaci se senzorem světla se stará komponenta *Svetlo_komp*. V prvním stavu *S_start1* zapíšeme do registru Timing (adresa 0X01) hodnoty "00010010". Toto nám zajistí zapnutí zesilovače na výstupu a zapnutí časování. Pak přejdeme do stavu *S_start2*, kde zapíšeme do registru Control (adresa 0X00) hodnoty "00000011" tím zapneme napájení. Ve stavu *S_cekani* čekáme, než nám senzor potvrdí zapnutí. Jakmile se zapne, můžeme přejít do stavu *S_cteni_H*, kde přečteme 8 bitů dat. Tato data reprezentují intenzitu světla. V nadřazené komponentě pak jen podmínkou řekneme, při kterých hodnotách intenzity světla má osvětlení svítit a při kterých ne. Informace o senzoru světla a jeho registrech [15].

5 Konstrukce skleníku

Skleník je zkonstruován ze dvou základních částí (obrázek 20). Horní část představuje samotný skleník, kde jsou umístěny rostliny. Jsou zde přivedeny hadice pro přívod vody, odtok vody a přívod studené páry. Dále jsou k tomuto dílu upevněny světla, ventilátory a senzory pro teplotu, vlhkost a světlo. Horní díl je zakázkově vyroben dle mého návrhu (příloha VII) firmou KOPLAST z plexiskla a to konkrétně z PMMA XT, čirý o tloušťce 3 mm. Střešní část je ohýbaná za pomoci tepla a základna je lepená z pěti dílů.

Spodní část, kde se ukrývá nádrž s vodou a elektronika je vyrobena z různých dřevěných desek a překližky. Snažila jsem se ji vyrobit tak, aby byla co nejlehčí a zároveň dostatečně nosná, aby unesla horní díl a všechny jeho části při nejvyšším zatížení. Desky jsou nařezané z domácích zásob, takže nejsou všechny ze stejného druhu dřeva. Do horní desky jsou vyvrtány otvory na hadice podle otvorů horního dílu. Čelní deska má otvory pro zástrčku a vypínač a zadní deska má otvor pro matici kohoutku na vypouštění vody z nádrže. Šikmina v čele spodního dílu je upevněna na panty a jsou do ní udělány otvory na tlačítka, displej a kontrolní LED diody dle návrhu ovládacího panelu. Do podstavy jsou pak navrtány díry pro uchycení všech desek a transformátoru.



Obrázek 19 Zkonstruovaný skleník (zdroj vlastní).

6 Uživatelské rozhraní

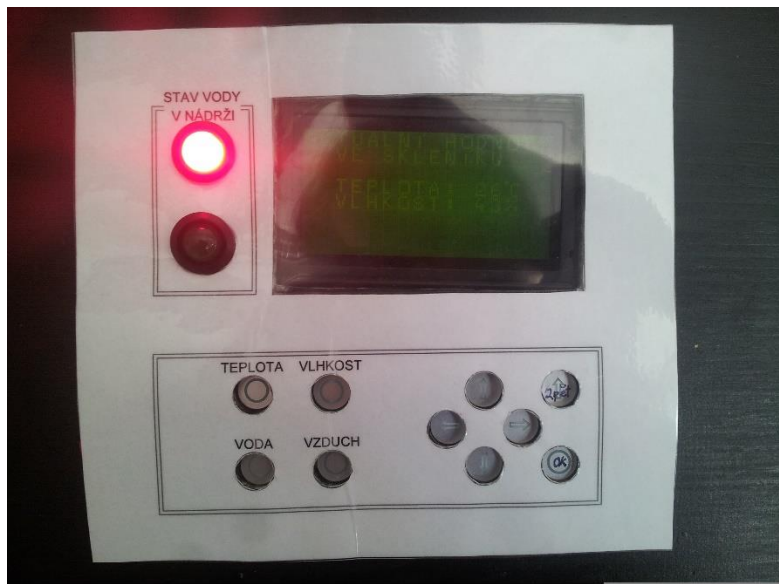
Uživatelské rozhraní je v podobě ovládacího panelu (obrázek 21), který se zakládá z 10 tlačítek, LCD displeje a dvou indikačních LED diod.

Úvodní obrazovka (obrázek 22) zobrazuje aktuální teplotu a vlhkost ve skleníku. Pokaždě chceme přejít do nastavení, zmačkáme jedno ze čtyř tlačítek (*TEPLOTA*, *VLHKOST*, *VZDUCH*, *VODA*). Stisknutím tlačítka *TEPLOTA* se dostaneme do nabídky (obrázek 23; obrazovka A), kde můžeme nastavit maximální a minimální teplotu ve skleníku. Můžeme zde taky vynutit zapnutí topení. Stisknutím tlačítka *VLHKOST* se dostaneme do nabídky (obrázek 23; obrazovka B), kde můžeme nastavit maximální a minimální vlhkost ve skleníku. Můžeme zde taky vynutit zapnutí zvlhčovacího systému. Po stisku tlačítka *VODA* se dostaneme do nabídky (obrázek 23; obrazovka C), kde můžeme vynutit zapnutí čerpadla. Dozvíme se zde, na kolik cyklů zalití byla použita voda v nádrži a taky zde můžeme vynulovat počítadlo pro cykly zalití. Tlačítkem *VZDUCH* můžeme pouze vynutit zapnutí ventilátoru.

V nastavení se pohybujeme tak, že nejprve pomocí šipek nahoru a dolů vybereme, kterou z možností budeme chtít nastavit (u zvolené možnosti se zobrazí čtvereček). Jakmile máme vybranou možnost pomocí šipek doprava a doleva, navolíme požadovanou hodnotu.

Jestliže chceme nastavení ukončit, stiskneme tlačítko *OK* nebo *ZPĚT* a ty nás vrátí zpět na úvodní obrazovku. Tlačítkem *OK* nastavení uložíme tlačítkem *ZPĚT* ne.

Jestliže svítí červená kontrolka, je potřeba doplnit vodu, jestliže svítí zelená kontrolka, je vše v pořádku.



Obrázek 20 Uživatelské rozhraní (zdroj vlastní)



Obrázek 21 Úvodní obrazovka (zdroj vlastní)



Obrázek 22 Nastavení skleníku (zdroj vlastní)

Závěr

Z rešerše vyplynulo, že žádné z dosavadních řešení automatizovaných skleníků plně nevyhovuje potřebám orchidejí. Největší problém u dosavadních řešení byl především v nevyhovujícím způsobu zalévání. Ve většině případů jsem taky postrádala zvlhčování ovzduší uvnitř skleníku. Proto jsem navrhla systém, který se skládá ze tří nezávislých okruhů.

Pro skleník jsem navrhla pět desek plošných spojů. Na první desce je realizován napájecí zdroj pro skleník a spínací část. Druhá deska je spojovací. Tato deska zajišťuje propojení všech výstupních a vstupních periférií s vývojovou deskou Starter Kit Board s FPGA Spartan 3. Pro ovládací panel bylo nutné vyrobit desku s tlačítky. Pro osvětlení skleníku jsem vyrobila dva LED panely. Poslední deska je vyrobena pro senzor světla. Veškeré mnou navržené desky jsou vyrobeny v domácích podmínkách a lakované lakem na osazené DPS.

Druhý úkol byl vytvořit VHDL popis pro FPGA Spartan 3. Za pomoci VHDL popisu jsem zprovoznila grafický displej a zautomatizovala funkci celého skleníku. Pro komunikaci se senzory světla teploty a vlhkosti jsem použila již vymyšlený I2C modul[23].

Posledním úkolem bylo navrhnout a zkonstruovat konstrukci skleníku. Horní díl je vyroben na zakázku dle mého návrhu firmou KOMPLAST. Spodní díl jsem vyrobila sama z domácích zásob z dřevěných desek.

Skleník se podařilo uvést do plně funkčního chodu. Skleník je schopen poskytnout orchidejím vláhu a ideální podmínky pro jejich růst. Skleník je taky uživatelsky nastavitelný, co se týče teploty a vlhkosti. Lze vynutit některé činnosti skleníku mimo jeho běžný provoz například: větrání, vytápění, zalévání, zvlhčování prostředí.

Do budoucna se chystám skleník rozvíjet.

Seznam obrázků

Obrázek 1 Blokové schéma vstupních a výstupních periférií (zdroj vlastní).....	10
Obrázek 2 Zapojení senzoru pro měření půdní vlhkosti [3].....	11
Obrázek 3 Zapojení senzoru hladiny vody (překreslené z DPS).	12
Obrázek 4 Spínání pomocí relé [2].	14
Obrázek 5 Zhotovená deska se zdrojem a spínacími prvky (zdroj vlastní).	17
Obrázek 6 Zapojení komparátoru pro převod analogového výstupu na digitální výstup [13].	18
Obrázek 7 Zhotovená spojovací deska (zdroj vlastní).	18
Obrázek 8 Zapojení jednoho spínače [27].....	19
Obrázek 9 Horní strana sestavené desky (zdroj vlastní).	19
Obrázek 10 Spodní strana sestavené desky (zdroj vlastní).	19
Obrázek 11 Zhotovený LED panel (zdroj vlastní)	20
Obrázek 12 Schéma zapojení senzoru světla [15].....	21
Obrázek 13 Zhotovená deska pro senzor světla (zdroj vlastní).....	21
Obrázek 14 Blokové schéma VHDL popisu (zdroj vlastní).	22
Obrázek 15 Rozdělení grafického displeje (zdroj vlastní).	24
Obrázek 16 Znázornění čtení a zápisu I2C sběrnice [24].	26
Obrázek 17 Návrh obvodu pro odstranění zákmitů s využitím stavového automatu [26].	28
Obrázek 18 Návrh stavového automatu vodního okruhu (zdroj vlastní).	29
Obrázek 20 Zkonstruovaný skleník (zdroj vlastní).	31
Obrázek 21 Uživatelské rozhraní (zdroj vlastní).....	32
Obrázek 22 Úvodní obrazovka (zdroj vlastní)	33
Obrázek 23 Nastavení skleníku (zdroj vlastní)	33
Obrázek 24 Závislost absorpce spektra na vlnové délce [10]	7

Seznam použitých zdrojů

- [1] 1/4" Stainless Steel Electric Solenoid Valve 12VDC Normally Closed VITON. *U.S. SOLID* [online]. 2015 [cit. 2016-12-10]. Dostupné z: <https://ussolid.com/catalog/product/view/id/64/s/1-2-brass-electric-solenoid-valve-24vac-viton-seal-n-c-air-gas-fuel/category/13/>
- [2] PAPRSEK, Adam. *Automatický skleník pro pěstování rostlin* [online]. Brno, 2015 [cit. 2016-12-10]. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ladislav MACHÁŇ. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=105822
- [3] Modul senzoru vlhkosti a deště. *HWPRO* [online]. 2016 [cit. 2016-12-10]. Dostupné z: http://www.hwpro.cz/oc/index.php?route=product/product&path=68_71_80&product_id=457
- [4] Modul senzoru vlhkosti se sondou. *HWPRO* [online]. 2016 [cit. 2016-12-10]. Dostupné z: http://www.hwpro.cz/oc/index.php?route=product/product&product_id=246
- [5] ENVicooler 8. *AIMAXX* [online]. 2010 [cit. 2016-12-12]. Dostupné z: <http://www.aimaxx.com/en/catalog/envicooler-8>
- [6] ZOUN, Martin. *Orchideje: Druhy vhodné pro pěstování v běžných podmínkách*. 2. vyd. Brno: Computer Press, 2009, s. 18–24. ISBN 978-80-251-2865-7.
- [7] Bytový skleník. *Akvamex* [online]. 2016 [cit. 2016-12-12]. Dostupné z: <https://www.akvamex.cz/bytovy-sklenik-01/?gclid=COuGgezL79ACFUa4GwodEO4Jkg#popis-produktu>
- [8] SCHMIDT, D. *Autonomní venkovní systém pro pěstování rostlin*. Brno, 2015. 47 s., 19 s. příloh. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav radioelektroniky. Vedoucí práce Jiří PETRŽELA.
- [10] Slunce, kde si jen přejete. *GROWLED.cz* [online]. 2016 [cit. 2016-12-12]. Dostupné z: <http://growled.cz/>
- [11] Jebao FA-1000 výtlačné čerpadlo 1000 l/h. *Profiplants.cz* [online]. 2016 [cit. 2016-12-13]. Dostupné z: <http://www.profiplants.cz/produkt/jebao-fa-1000-vytlacne-čerpadlo-1000-l-h>
- [12] DIVIŠ, Jozef. *Bipolární tranzistory* [online]. Mohelnice: Střední průmyslová škola elektrotechnická, [b.r.] [cit. 2016-12-13]. Dostupné z: <http://www.spsemoh.cz/vyuka/zel/tranzistory-bip.htm>
- [13] Komparátory s operačními zesilovači. *Samoweb.wz.cz* [online]. [b.r.] [cit. 2016-12-13]. Dostupné z: <http://www.samoweb.wz.cz/elektronika/opzes3/opzes3.htm>

- [18] 12V & 5V Combo Power Supply. *CircuitsToday* [online]. [2015] [cit. 2016-12-13]. Dostupné z: <http://www.circuitstoday.com/12v-5v-combo-power-supply>
- [19] Umělé osvětlení a fotosyntéza. *Cidly.cz* [online]. [b.r.] [cit. 2016-12-13]. Dostupné z: <http://www.cidly.cz/cz-clanky-1.html>
- [14] KAMAMI. *Senzor měření vlhkosti a teploty KAmoDHTS221* [online]. [b.r.] [cit. 2016-12-13]. Dostupné z: <http://www.tme.eu/cz/Document/fe3bd02999ce07a1e3902113a05da790/kamodhts221.pdf>
- [15] AVAGO Technologies. *Senzor světla APDS-9300* [online]. AV02-1077EN. 2008 [cit. 2016-12-13]. 21 s. Dostupné z: http://www.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/125000-149999/140294-da-01-en-IR_SENSOR_APDS_9300_020.pdf
- [16] TAIWAN Semiconductor. *Stabilizátor napětí TS317* [online]. A07. [b.r.] [cit. 2016-12-13]. 13 s. Dostupné z: <https://web.gme.cz/data/attachments/dsh.935-052.1.pdf>
- [17] STMicroelectronics. *Stabilizátor napětí L78Sxx* [online]. Doc ID 2148 Rev 7. 2012 [cit. 2016-12-13]. 39 s. Dostupné z: <https://www.gme.cz/data/attachments/dsh.330-019.1.pdf>
- [20] *Ultrazvukový zvlhčovač* [online]. Publikoval lasertechru, 2012-04-03 [cit. 2016-12-13]. Standardní licence YouTube. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=ETP5Dg0KrMI>
- [21] RAYSTAR *Display RG12864A-TIY-V* [online]. Rev 2014.10.22 [cit. 2017-06-08]. Dostupné z: <http://www.tme.eu/cz/Document/069963dec114a1ea4ff53bbfc3ca20c5/RG12864A-TIY-V.pdf>
- [22] Neotec Semiconductor Ltd. *LCD controller NT7108* [online]. Rev 2002 [cit. 2017-06-08]. Dostupné z: <https://www.crystallfontz.com/controllers/Neotec/NT7108>
- [23] *EeWiki.net: I2C Master (VHDL)* [online]. Scott Larson, 2017 [cit. 2017-06-08]. Dostupné z: <https://www.crystallfontz.com/controllers/Neotec/NT7108>
- [24] *MaxEmbedded.com: Inter-Integrated Circuits – I2C Basics* [online]. Arizona State University: Mayank Prasad, 2014 [cit. 2017-06-08]. Dostupné z: <http://maxembedded.com/2014/02/inter-integrated-circuits-i2c-basics/>
- [25] *Http://pandatron.cz: Výpočet chladiče* [online]. Pandatron, 2000 [cit. 2017-06-08]. Dostupné z: http://pandatron.cz/?219&vypocet_chladice
- [26] *Sekvenční logika: debouncer, čítače, měření doby stisknutí tlačítka* [online]. Brno, 2013 [cit. 2017-06-08]. Dostupné z: http://www.umel.feec.vutbr.cz/BDIO/cviceni/uloha_09.pdf. Návod laboratorních cvičení. Vysoké učení Technické Brno, Ústav mikroelektroniky.

[27] *XILINX Spartan-3 FPGA Starter Kit Board User Guide* [online]. UG130 (v1.2) June 20 2008 [cit. 2017-06-08]. Dostupné z:
https://www.xilinx.com/support/documentation/boards_and_kits/ug130.pdf

Příloha I

Technologie pěstování orchidejí

Celá příloha I je zpracována podle [6]

Voda, zálivka a vzdušná vlhkost

Při pěstování orchidejí je potřeba zajistit rostlinkám přiměřenou zálivku a vhodnou vzdušnou vlhkost a sledovat kvalitu zálivkové vody, hlavně její tvrdost, která nám udává množství minerálů ve vodě. Tyto minerály se nám mohou usazovat v substrátu (tzv. zasolování) a tím ho po nějaké době pro růst rostlin znehodnotit. Při rosení tvrdou vodou se minerály můžou usazovat na listech rostlin a tvořit bílý povrch, který je potřeba vlhčeným hadříkem pravidelně odstraňovat. Nejlepší pro zálivku je voda měkká (dešťová či povrchová voda). Méně vhodná, avšak nejčastěji využívaná, je voda vodovodní. Proto se doporučuje před zaléváním vodu minimálně jeden den nechat odstát, aby z ní alespoň nějaké minerály vyprchaly, převážně chlor. Nejméně vhodná bývá voda studniční.

Frekvence zalévání není konstantní, závisí na rychlosti prosychání substrátu. Rychlost prosychání substrátu závisí na jeho složení a okolních podmínkách, jako je vlhkost vzduchu, teplota. Tudiž čím je vlhkost vzduchu větší, tím méně často je třeba zalévat. Naopak při vyšších teplotách se voda ze substrátu více odpařuje a je třeba provést častější zálivku. Zálivku provádíme specifickým způsobem tak, že do externí nádoby nalejeme vodu a řádně proschlé rostlinky ponoříme do vody tak, aby byly ponořeny kořeny ne však listy či srdíčka rostlin. Takto ponořené rostliny necháme ve vodě přibližně 3-4 hodiny, aby substrát i kořeny vodu nasály. Po uplynulém čase pak rostliny s kontejnery vyndáme, necháme odkapat a umístíme zpět na místo. Klasického zalévání nelze využívat z důvodu dlouhého působení vody na kořeny, což by mělo za důsledek jejich zahánění a následné chřadnutí rostliny.

Orchideje vyžadují poměrně vysokou vzdušnou vlhkost okolo 70-85%. Tu můžeme zajistit například pravidelným rosením listů nebo umístěním rostlin do skleníku či terárií. Při umístění rostlin do terárií či skleníku je třeba zajisti i přísun čerstvého vzduchu, aby se v substrátu netvořily plísně.

Světlo

Různé druhy orchidejí jsou na světlo různě náročné. Většina z nich vyžaduje rozptýlené světlo, některé i přímé slunce a některé naopak rostou nejlépe v polostínu. Od jara do podzimu nebývá s množstvím světla problém, občas je i potřeba rostlinky před přímým slunečním zářením chránit.

Problém však může nastat v zimních měsících, kdy je intenzita světla nižší a dny kratší. Při nedostatku světla dochází u rostlinek k jejich vytahování, blednutí a vysilování. Proto je dobré rostlinky uměle dosvětlovat a vytvořit vhodnou kombinaci délky dne a intenzity osvětlení. Požadavky na délku dne jsou u každého druhu jiné. Obecně lze však říci, že pro většinu teplomilných druhů pěstovaných u nás je délka dne 9-12 hodin. Rostliny, které mají

alespoň po část dne dostatek světla, stačí dosvětlovat jen pár hodin, naopak rostliny, který mají špatný přístup, je zapotřebí dosvětlovat po celý den.

Teplota

Vzhledem k teplotním požadavkům lze orchideje rozdělit do 4 skupin:

- **Teplomilné.** Tento druh tvoří převážnou většinu orchidejí pěstovaných v domácích podmínkách. Optimální teplotní podmínky se pohybují okolo 22-26°C. Teplota by však neměla klesnout pod 20°C.
- **Temperované.** U tohoto druhu optimalizujeme teplotu okolo 16-20°C.
- **Chladné** orchideje by měly mít ideální teplotní podmínky okolo 8- 15°C. Tyto teploty by měly být především dodrženy v zimních měsících, v letních mohou dosáhnout i vyšších teplot.
- **Mrazuvzdorné** orchideje jsou rostliny, které vydrží teploty hluboko pod bodem mrazu. Nejsou vůbec vhodné pro pěstování v teráriích či sklenících.

Substrát

Substrát pro orchideje je zcela odlišný, než jsme zvyklí u jiných, doma běžně pěstovaných pokojových rostlin. Jeho nejčastější složení je piniová kůra, kokosové chipsy a sušený nebo živý rašeliník. Toto složení nám zajišťuje dobrou prostupnost světla ke kořenům a dobrou propustnost vody. Kořeny rostliny si v substrátu udržují svojí potřebnou vlhkost, avšak nejsou dlouhodobě vystaveny přímému působení vody.

Příloha II

Vliv vlnové délky na růst rostlin

Celá příloha I je zpracována podle [10][19]

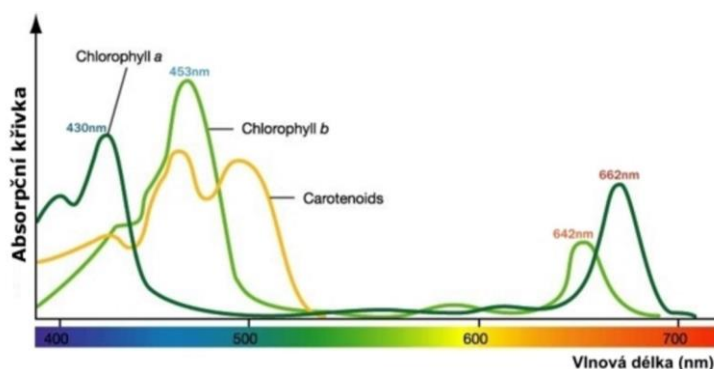
Rostliny díky pigmentům chloroplastech mohou absorbovat jen určité vlnové délky.

UV záření (380 až 400 nm) je vhodné pro všechny stadia růstu rostlin.

Modré záření (420 až 470 nm) je rostlinami nejvíce absorbované při růstu rostlin. Rostlina toto spektrum využívá k distribuci růstových hormonů a přizpůsobuje tak svůj tvar aby co nejeefektivněji využila dopadající záření.

Zelené spektrum (520 až 570) růst rostlin výrazně zpomaluje. Toto spektrum rostliny neumějí využít, protože se odráží od jejich listů.

Červené spektrum (620 až 700) je nejdůležitější při tvorbě květů či plodů. Červenou barvu využívá rostlina jak k fotosyntéze, tak k prodlužování stonku tzv. vytahování se za sluncem.

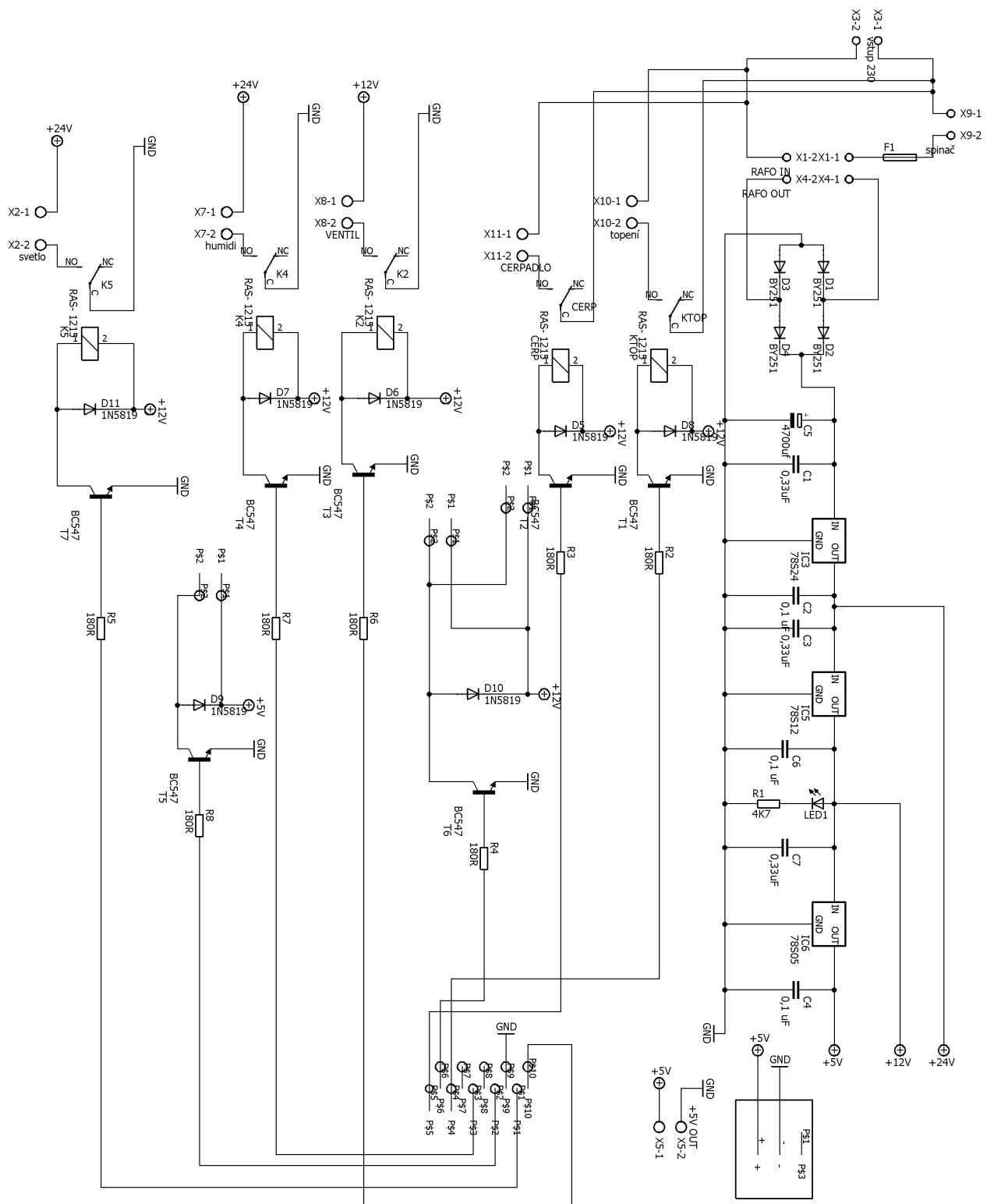


Obrázek 23 Závislost absorpce spektra na vlnové délce [10]

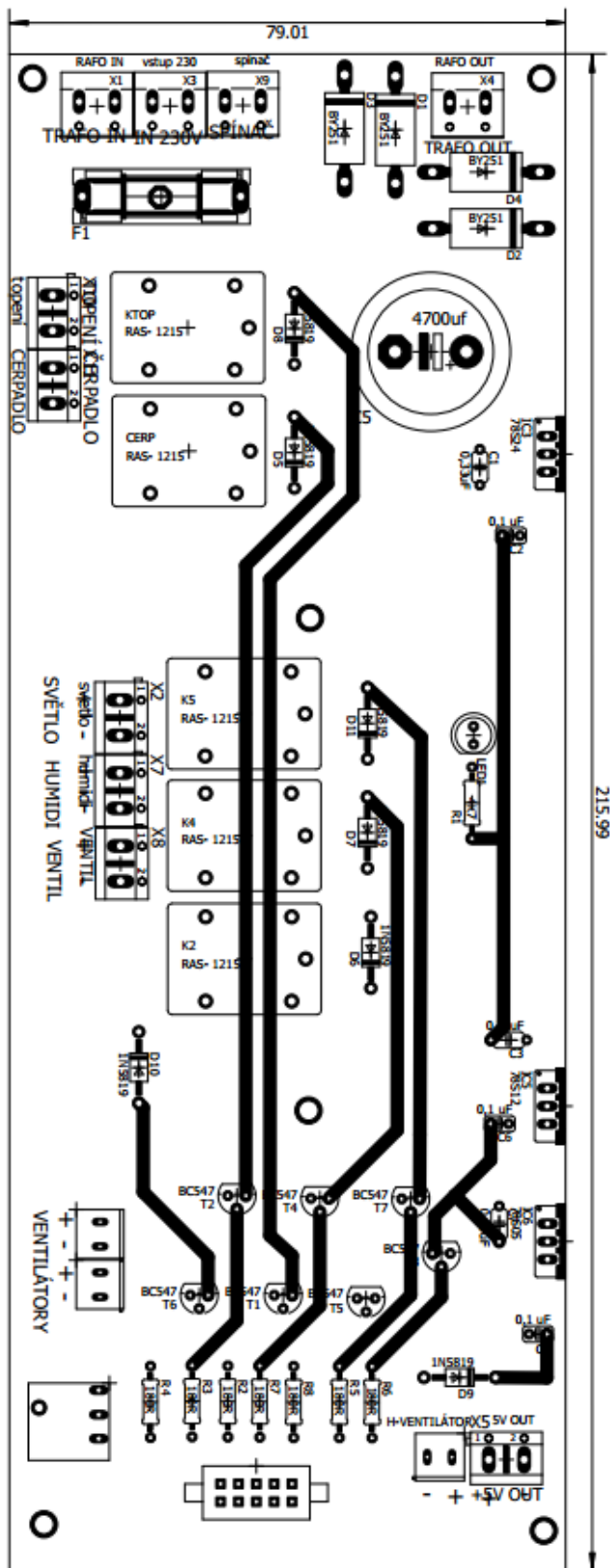
Příloha III

Návrh a schéma pro DPS se zdrojem a spínacími prvky

Obvodové zapojení

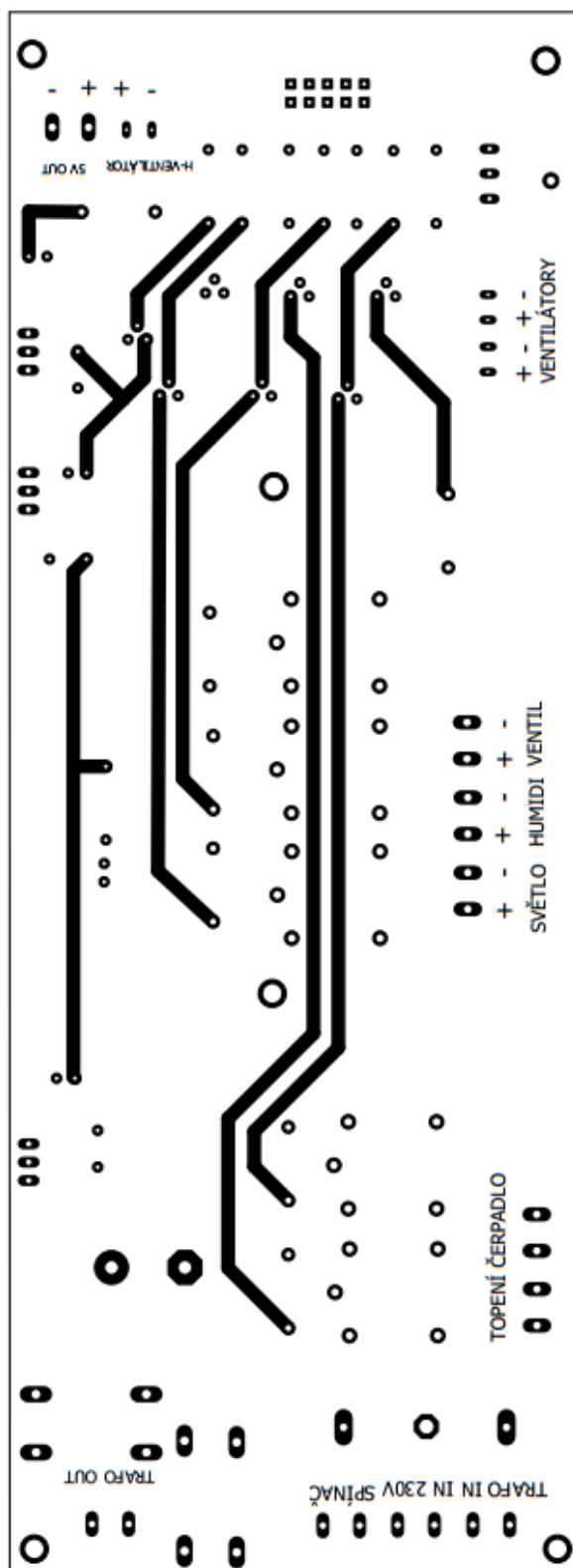


Deska plošného spoje – osazovací plán



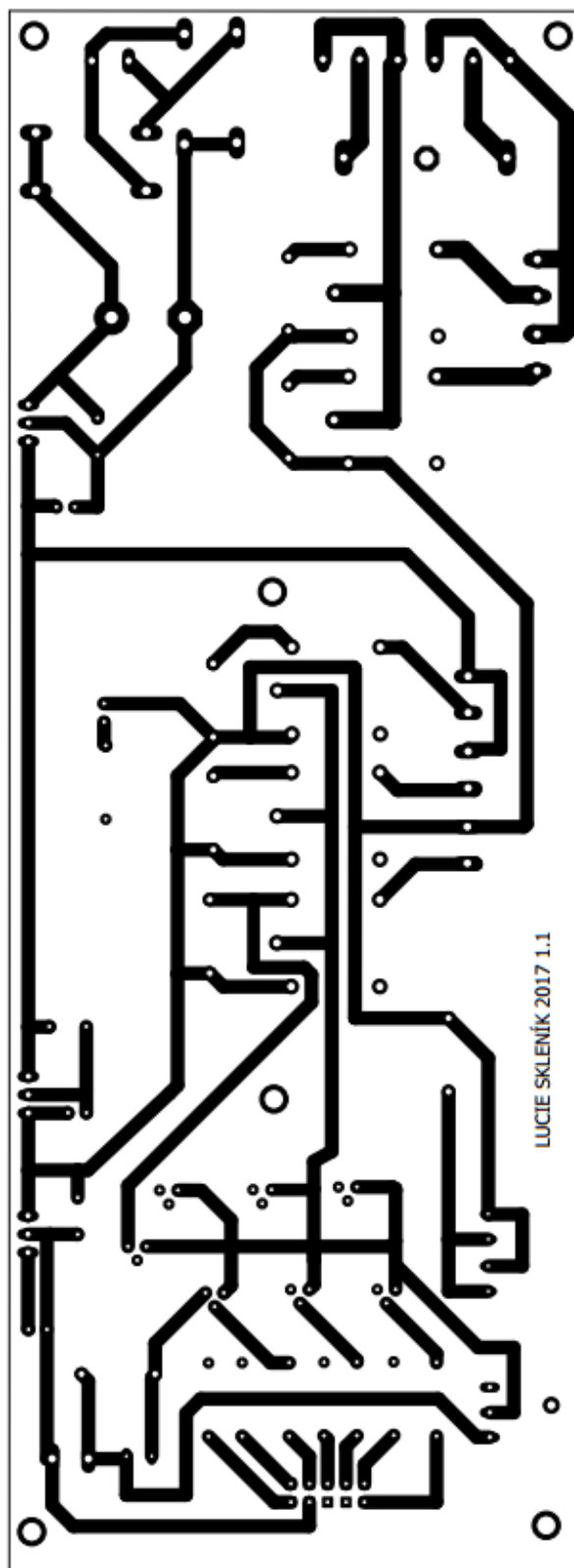
Rozměr desky 79 x 216 [mm], měřítko M1:1

Deska plošného spoje – top (strana součástek)



Rozměr desky 79 x 216 [mm], měřítko M1:1

Deska plošného spoje – bottom (strana spojů)

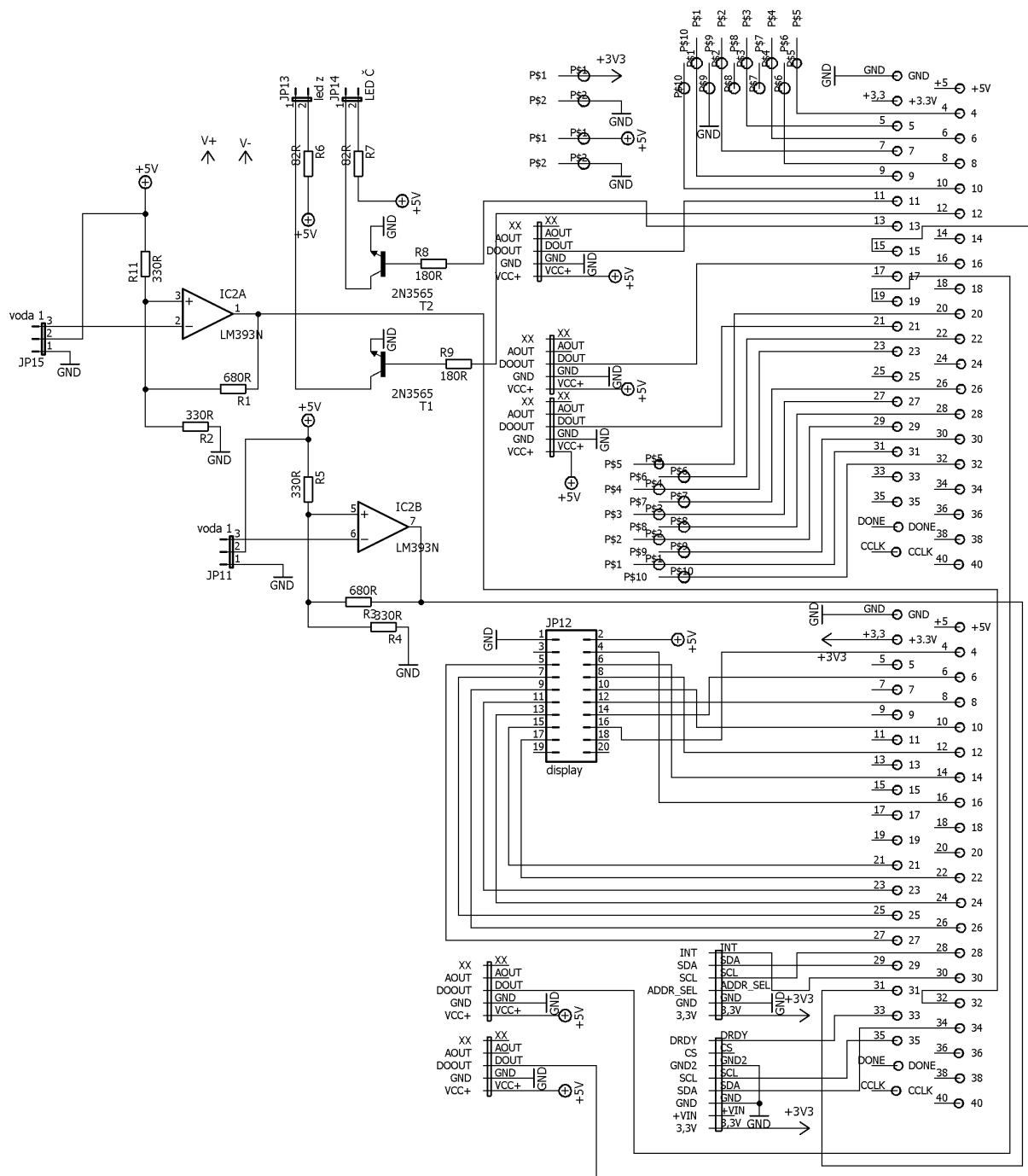


Rozměr desky 79 x 216 [mm], měřítko M1:1

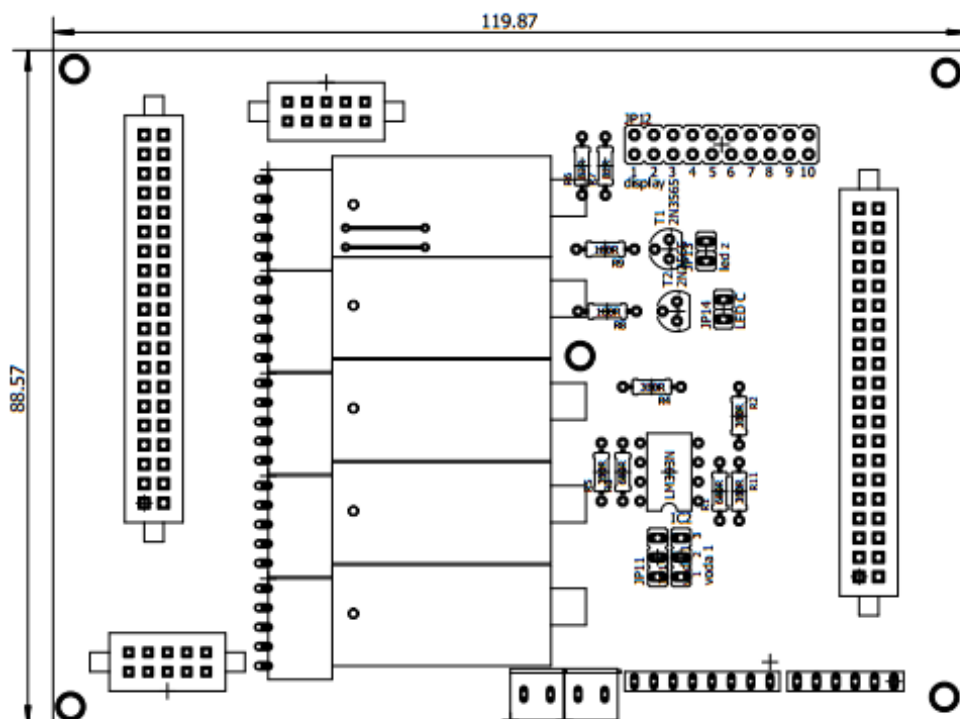
Příloha IV

Návrh a schéma DPS pro spojovací desku

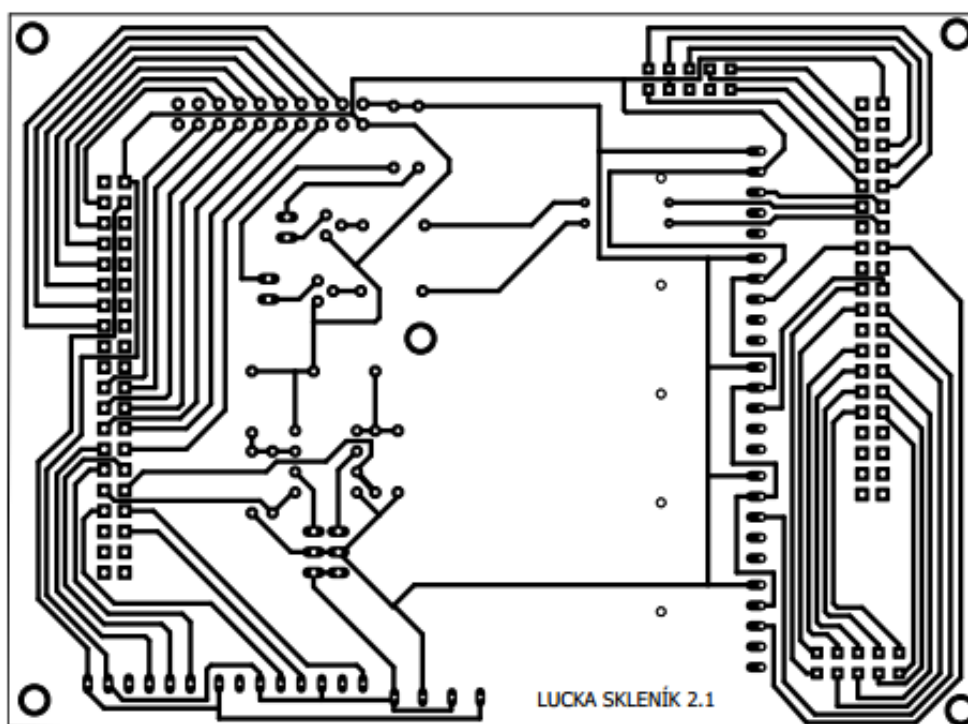
Obvodové zapojení



Deska plošného spoje – osazovací plán



Deska plošného spoje – bottom (strana spojů)

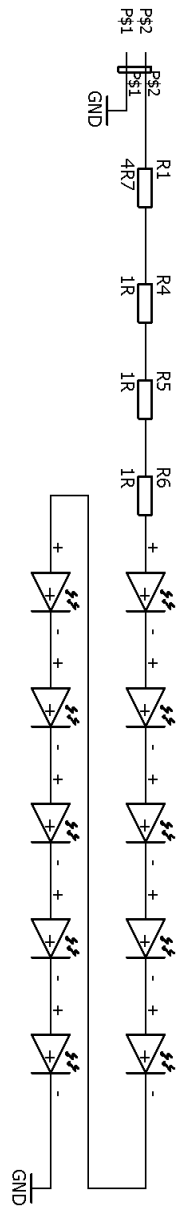


Rozměr desky 89 x 120 [mm], měřítko M1:1

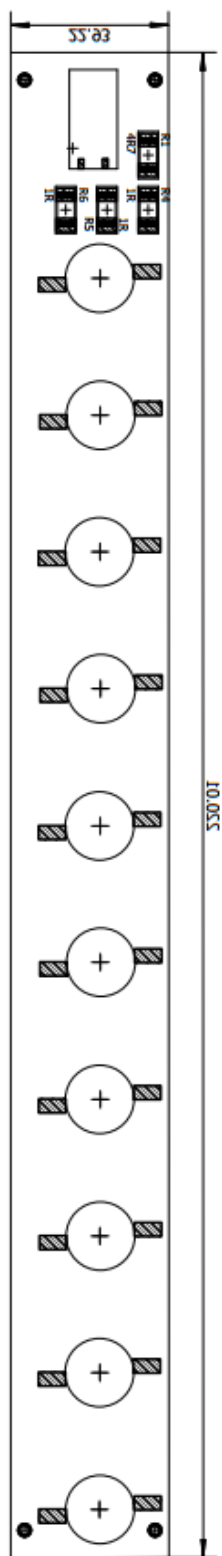
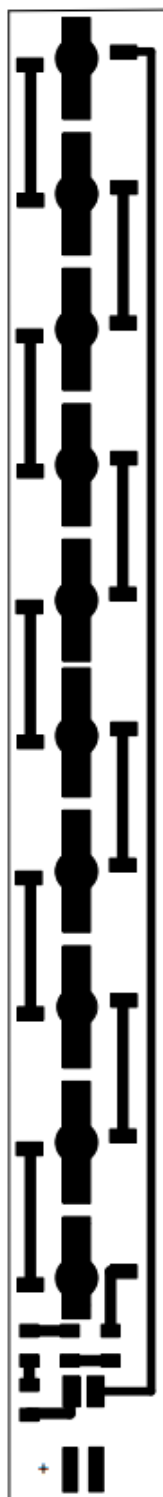
Příloha V

Návrh a schéma DPS pro LED panely

Obvodové zapojení



Deska plošného spoje – osazovací plán a bottom (strana spojů)

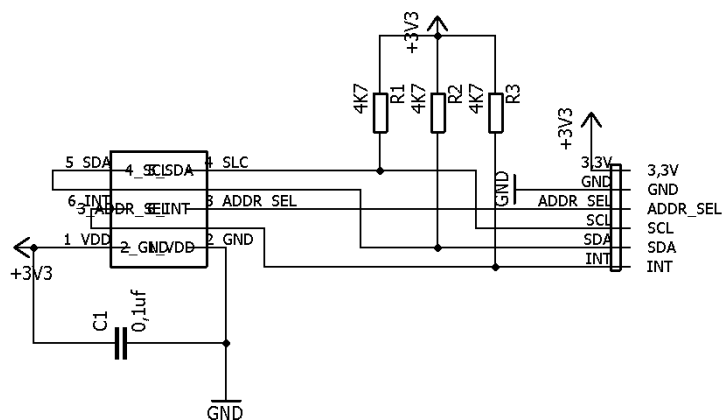


Rozměr desky 220 x 23 [mm], měřítko M1:1

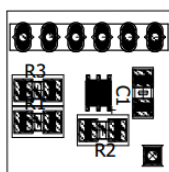
Příloha VI

Návrh a schéma DPS pro desku se senzorem světla

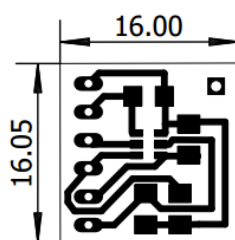
Obvodové zapojení



Deska plošného spoje – osazovací plán



Deska plošného spoje – bottom (strana spojů)

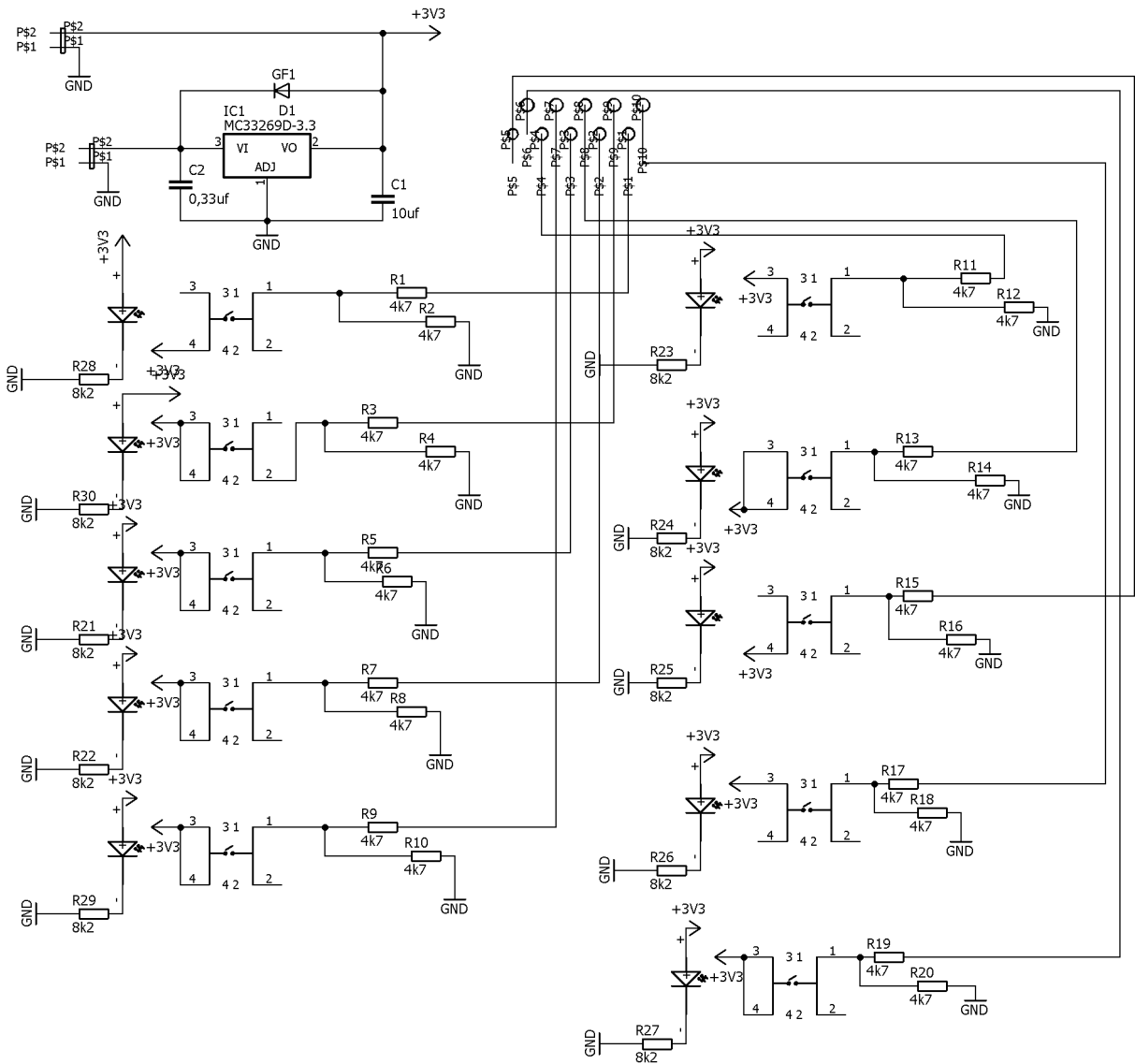


Rozměr desky 16 x 16 [mm], měřítko M1:1

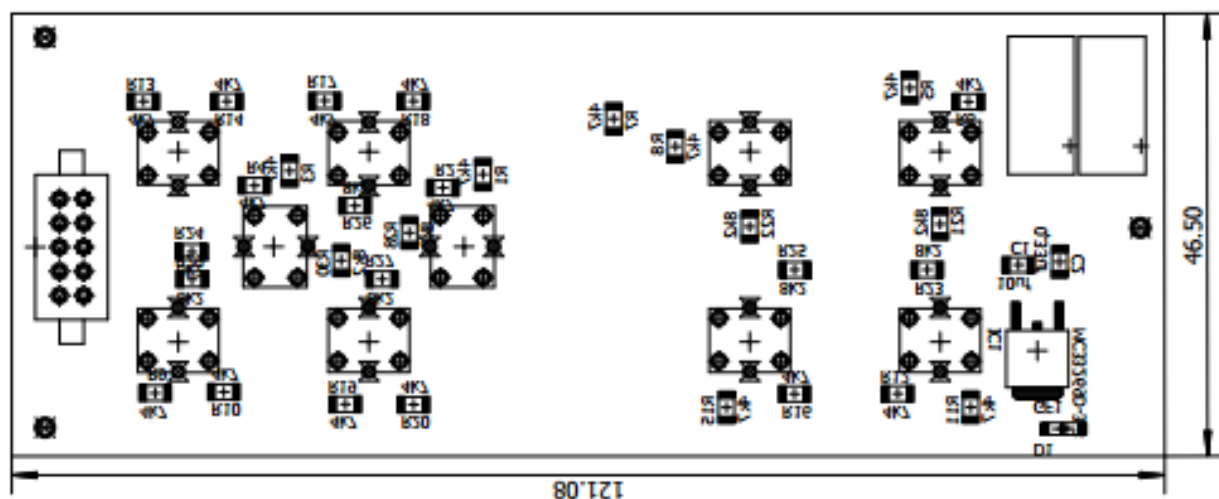
Příloha VII

Návrh a schéma DPS pro tlačítkovou desku

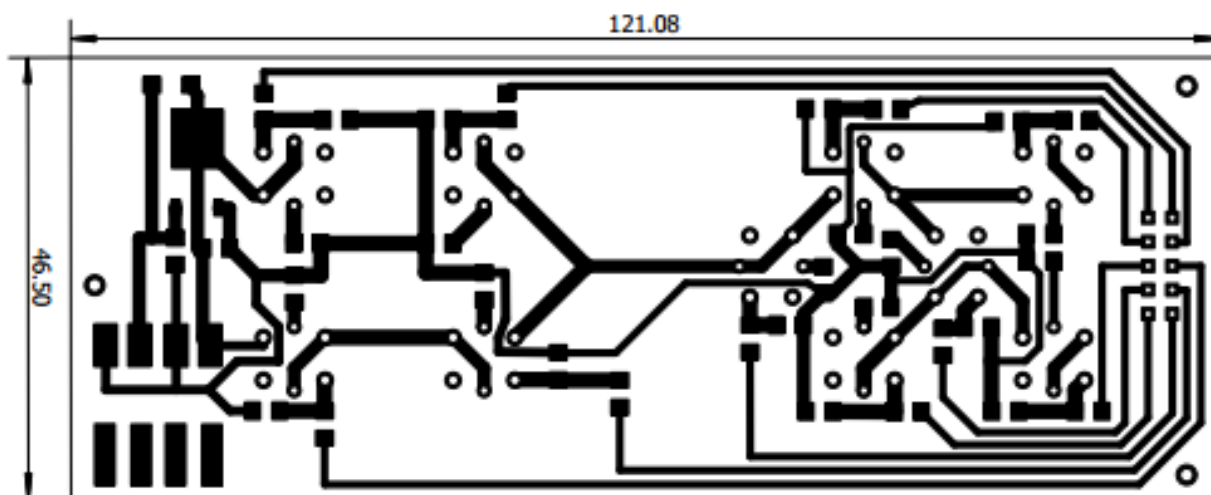
Obvodové zapojení



Deska plošného spoje – osazovací plán



Deska plošného spoje – bottom (strana spojů)



Rozměr desky 80 x 51 [mm], měřítko M1:1

Příloha VIII

Rozměry pro výrobu skleníku